

ISSN 0240-8759

Vie et Milieu

Life and Environment

Vol. 39 n° 2 - Juin 1989

Périodique d'écologie - Publication trimestrielle

VIE ET MILIEU

Life and Environment

PÉRIODIQUE D'ÉCOLOGIE GÉNÉRALE
JOURNAL OF GENERAL ECOLOGY

LABORATOIRE ARAGO — UNIVERSITÉ P. et M. CURIE

Vie et Milieu publie des contributions dans les domaines de l'Écologie, de la Biologie et de la Systématique dans les milieux marins, lagunaires et terrestres. Toutes les disciplines de l'Océanographie y sont représentées, y compris les aspects géologiques et physiques.

La revue est une publication trimestrielle; chaque volume annuel comprend 4 fascicules groupant 400 pages et présente des articles originaux, des communications de synthèse et des notes brèves, en Français ou en Anglais.

Les manuscrits sont reçus par le Professeur J. SOYER, Directeur de la Publication, ou par M^{me} N. COINEAU, Secrétaire de Rédaction (Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer, France). Ils ne seront acceptés qu'après avoir été soumis à l'approbation scientifique de deux lecteurs dont les commentaires restent anonymes.

Vie et Milieu publishes contributions in the fields of Ecology, Biology and Systematics with emphasis on marine, lagoonal and terrestrial milieus. All topics of Oceanography are considered including geological and physical aspects.

The journal is quarterly. Each volume (four fascicles) of ca 400 pages presents original articles, reviews and short papers, in french or english.

Manuscripts are received by Professor Dr. J. SOYER, Editor in Chief, or by Dr. N. COINEAU, Associate Editor (Laboratoire Arago, F. 66650 Banyuls-sur-Mer). Papers are only accepted after review by two anonymous referees.

Membres du Comité scientifique international — *International advisory board*

A. ANGELIER (Toulouse), M. BACESCU (Bucarest), B. BATTAGLIA (Padoue), M. BLANC (Paris), F. BLANC (Marseille), A. BIANCHI (Marseille), J. BLONDEL (Montpellier), C.F. BOUDOURESQUE (Marseille), P. BOUGIS (Paris), P. CHARDY (Brest), C. COMBES (Perpignan), C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (Paris), P. DRACH (Paris), C. DUBOUL-RAZAVET (Perpignan), J. FOREST (Paris), L. FOULQUIER (Cadarach), R.N. GIBSON (Oban-Argyll), C. HEIP (Gent), R. HESSLER (La Jolla), A. IVANOFF (Paris), G. JACQUES (Banyuls-sur-Mer), W. KÜHNELT (Vienne), R. LABAT (Toulouse), M. LAMOTTE (Paris), L. LAUBIER (Paris), P. LUBET (Caen), R. MARGALEF (Barcelone), R.C. NEWELL (Plymouth), M. PAVANS de CECATTY (Lyon), J.M. PERÈS (Marseille), J. POCHON (Paris), S. POULET (Roscoff), P. REY (Toulouse), H. SAINT-GIRONS (Paris), M. VACHON (Paris).

Publié avec le concours financier du Conseil Général des Pyrénées-Orientales

ABONNEMENTS/SUBSCRIPTIONS 1989

	FRANCE	AUTRES PAYS
Un an (4 numéros) / <i>Annual subscription (4 issues)</i>	550 F	720 F

Adresser le paiement à l'ordre de / *Address payment to the order of:*

Vie et Milieu, Laboratoire Arago, 66650 BANYULS-SUR-MER. FRANCE

Les abonnements partent du premier numéro de l'année / *subscriptions begin with the first calendar year*

Numéros séparés de l'année, volumes antérieurs, suppléments et faunes des Pyrénées-Orientales, collections complètes, disponibles / *Back Issues and volumes, supplements and Faunas of Pyrénées-Orientales, complete collections, available:*

VIE ET MILIEU — Laboratoire Arago — F. 66650 BANYULS-SUR-MER

NUTRIENTS STATUS IN A EUTROPHIC MEDITERRANEAN LAGOON

N. FRILIGOS

National Centre for Marine Research
GR 166 04 Hellinikon, Greece

LAGUNE DE MESSOLONGHI
SELS NUTRITIFS
PHYTOPLANKTON
POLLUTION

RÉSUMÉ — Les variations saisonnières de température, de salinité, d'oxygène dissout, de sels nutritifs et de chlorophylle *a* ont été étudiées dans 16 stations de la lagune eutrophique de Messolonghi en 1983-1984. Les Algues, la pluie et les vents sont les facteurs les plus importants qui affectent les fluctuations des sels nutritifs dans l'espace et le temps. Le niveau d'eutrophication est, dans l'ensemble, acceptable dans presque toute la région; une pollution sévère survient seulement à l'extrémité nord de la lagune au-dessous de 10 m (causant des conditions anoxiques) et dans la partie proche du point de décharge des égouts de la ville. Les résultats sont comparés avec ceux d'autres environnements et leurs relations sont discutées.

MESSOLONGHI LAGOON
NUTRIENTS
PHYTOPLANKTON
POLLUTION

ABSTRACT — Seasonal variation in temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrients and chlorophyll *a* were studied at 16 stations in the eutrophic Messolonghi Lagoon during 1983-1984. Algae, rainfall and winds were the most important factors affecting nutrient fluctuations over space and time. The level of eutrophication was generally acceptable in nearly all the area; serious pollution occurred only in the most northerly section of the lagoon below 10 m (causing anoxic conditions) and in the area close to the point of discharge of the city sewage. The results are compared with data obtained from other environments and the relationships discussed.

INTRODUCTION

The aim of this paper is to show the effect of pollution on the levels of nutrients in the lagoon. It has been subjected to relatively few investigations; regarding hydrographic characteristics (Barbetseas and Georgopoulos, 1984) and the plankton (Siokou-Frangou and Gotsis-Skretas, 1985). Measurements of nutrients, salinity, temperature and oxygen contents in the water column enable to find out the state of eutrophication of the lagoon, as well as the presence of stratification and anoxic conditions.

MATERIALS AND METHODS

The Messolonghi Lagoon, which has a surface area of 160 km², is situated in Western Greece (Fig. 1). To the south, it is separated from the Patraikos Gulf by small islets. Around the lagoon, there are seven freshwater pumping stations and two salt works. The lagoon can be divided into three sections: the Aetolikion (A), with a maximum depth of 28 m, the klissova (B ~ 2m), and the proper Messo-

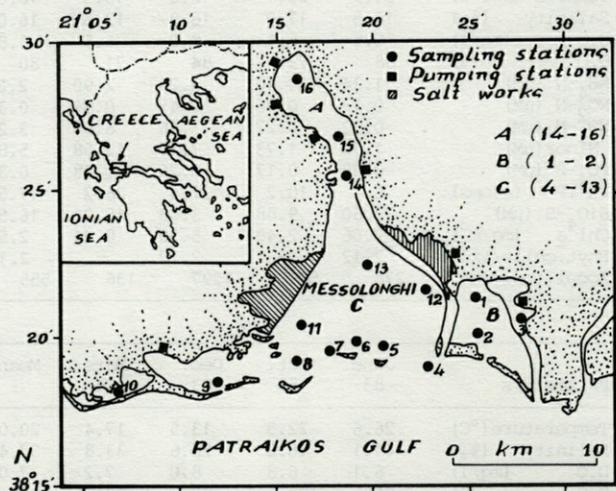


Fig. 1. — Location of the sampling and pumping stations and salt works in the Messolonghi Lagoon.

longhi Lagoon (C ~ 2m). The harbour of Messolonghi has a population of 13 000. The untreated sewage of the town is discharged near station 3 in area B. Drainage of part of the lagoon, for agricultu-

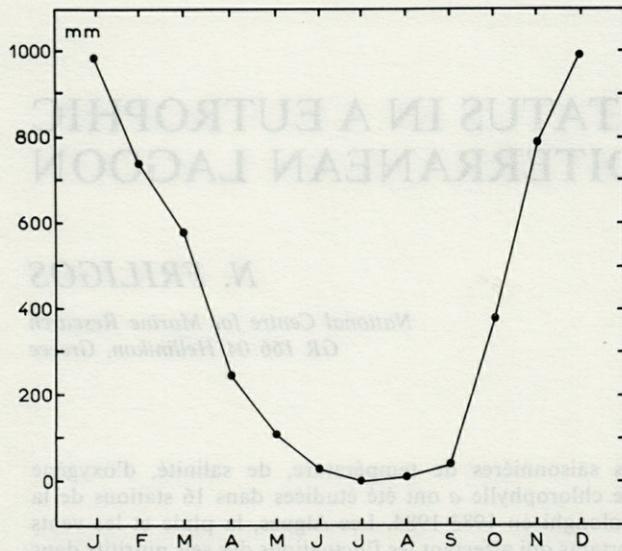


Fig. 2. — Mean monthly precipitation (mm), adapted from Karapiperis (1974).

ral purposes, where the surface area being reduced from 190 to 160 km². Freshwater is the result of seasonal response to rainfall, with its maximum in winter (Fig. 2; Karapiperis, 1974).

Samples were taken from a network of 16 stations seasonally from June 1983 to March 1984 (Fig. 1). Temperature measurements were made with reversing thermometers attached to NIO bottles. The salinity was determined with an autolab inductive salinometer. Dissolved oxygen was determined according to Carritt & Carpenter (1966). Water samples for nutrient determinations were transferred to 100 ml polyethylene bottles; there were deep frozen. In the laboratory the samples were thawed, filtered through membrane filters (HA Millipore) and analysed with a Technicon CSM₆ autoanalyser. Nutrients were analysed by the methods of Strickland & Parsons (1968). The Whatman GF/C filters used in the filtration for the analyses of chlorophyll-*a* were refrigerated in a dessicator prior to extraction with 90% acetone; pigment concentration was measured with a Turner III fluorometer according to the method of Holm-Hansen *et al.* (1965).

RESULTS

Table I shows the seasonal mean values of the parameters in each section of the lagoon (station 3, point of discharge of the city effluents, is excluded from section B).

Table I. — Average surface values of the physico-chemical and plankton parameters in the Messolonghi Lagoon.

Parameters	Area A						Area B					
	June 83	Oct. 83	Dec. 83	Mars 84	Mean	σ	June 83	Oct. 83	Dec. 83	Mars 84	Mean	σ
Temperature(°C)	24.9	22.7	12.8	15.5	18.0	5.7	21.6	25.0	13.2	18.9	19.7	5.0
Salinity (‰)	16.5	17.0	16.9	13.6	16.0	1.6	40.6	47.4	32.2	31.3	37.9	7.6
D.O (mg/l)	6.6	6.1	8.0	6.5	6.8	0.8	6.5	6.5	9.5	7.0	7.4	1.4
D.O (%)	88	79	84	71	80	7	93	103	116	91	101	11
NH ₄ -N (μM)	1.34	1.40	3.26	2.90	2.22	0.99	0.64	0.08	1.06	1.05	0.70	0.46
NO ₂ -N (μM)	0.12	0.06	0.45	0.80	0.36	0.34	0.11	0.05	0.21	0.13	0.13	0.07
NO ₃ -N (μM)	0.32	0.27	3.46	8.88	3.23	4.05	0.20	0.18	1.37	0.57	0.58	0.56
N _{inor} (μM)	1.78	1.73	7.17	12.58	5.81	5.18	0.95	0.31	2.64	1.75	1.41	1.00
PO ₄ -P (μM)	0.29	0.17	0.26	0.48	0.30	0.13	0.14	0.06	0.11	0.18	0.12	0.50
EN ⁴ :P (atoms)	6.1	10.2	27.6	26.2	17.5	10.9	6.8	5.2	24.0	9.7	11.4	8.6
SiO ₄ -Si (μM)	37.60	9.88	3.63	15.26	16.59	14.79	16.00	10.76	4.26	3.02	8.51	6.04
Chl _a (mg/m ³)	2.06	2.49	5.50	0.24	2.57	2.18	1.85	7.20	0.63	0.42	2.52	3.18
Phyt.cells/lx10 ⁶ *	2.12	-	2.22	-	2.17	0.06	3.77	-	3.52	-	3.64	1.78
Zoopl.indiv/m ³ *	278	509	1297	136	555	518						
Parameters	Area C					Station S						
	June 83	Oct. 83	Dec. 83	Mars 84	Mean	σ	June 83	Oct. 83	Dec. 83	Mars 84	Mean	σ
Temperature(°C)	26.6	22.5	13.5	17.4	20.0	5.7	21.0	22.0	13.2	18.1	18.6	3.9
Salinity (‰)	41.1	46.2	28.6	33.8	37.4	7.8	22.9	35.2	24.0	17.7	22.4	11.3
D.O (mg/l)	6.1	6.8	8.0	7.2	7.0	0.8	5.0	6.8	8.0	6.5	6.6	1.2
D.O (%)	96	103	92	92	96	5	64	96	89	87	84	14
NH ₄ -N (μM)	0.47	0.18	2.82	1.60	1.27	1.20	0.74	2.04	11.16	12.26	6.55	5.99
NO ₂ -N (μM)	0.09	0.04	0.15	0.17	0.11	0.06	0.11	0.09	10.28	3.05	3.38	4.80
NO ₃ -N (μM)	0.21	0.24	1.72	0.27	0.61	0.74	0.17	0.34	3.44	10.17	3.53	4.67
N _{inor} (μM)	0.77	0.46	4.69	2.04	1.99	1.92	1.02	2.47	24.88	25.48	13.46	13.54
PO ₄ -P (μM)	0.19	0.06	0.41	0.98	0.26	0.16	0.77	0.28	2.93	0.69	1.17	1.19
EN ⁴ :P (atoms)	4.1	7.7	11.4	5.4	7.18	3.20	1.3	8.8	8.5	36.9	13.89	15.74
SiO ₄ -Si (μM)	29.66	7.28	5.18	2.28	11.10	12.54	17.78	14.50	76.67	20.90	32.46	29.58
Chl _a (mg/m ³)	1.09	3.96	0.59	0.20	1.46	1.71	4.73	21.00	9.70	0.54	8.99	8.84
Phyt.cells/lx10 ⁶ *	1.03	-	2.20	-	1.62	0.84	44.31	-	11.72	-	28.01	23.05
Zoopl.indiv/m ³ *	223	579	7	102	227	250	185	4514		654	1784	2375

* AFTER SIOKOU-FRANGOU AND GOTSIS-SKRETAS 1985

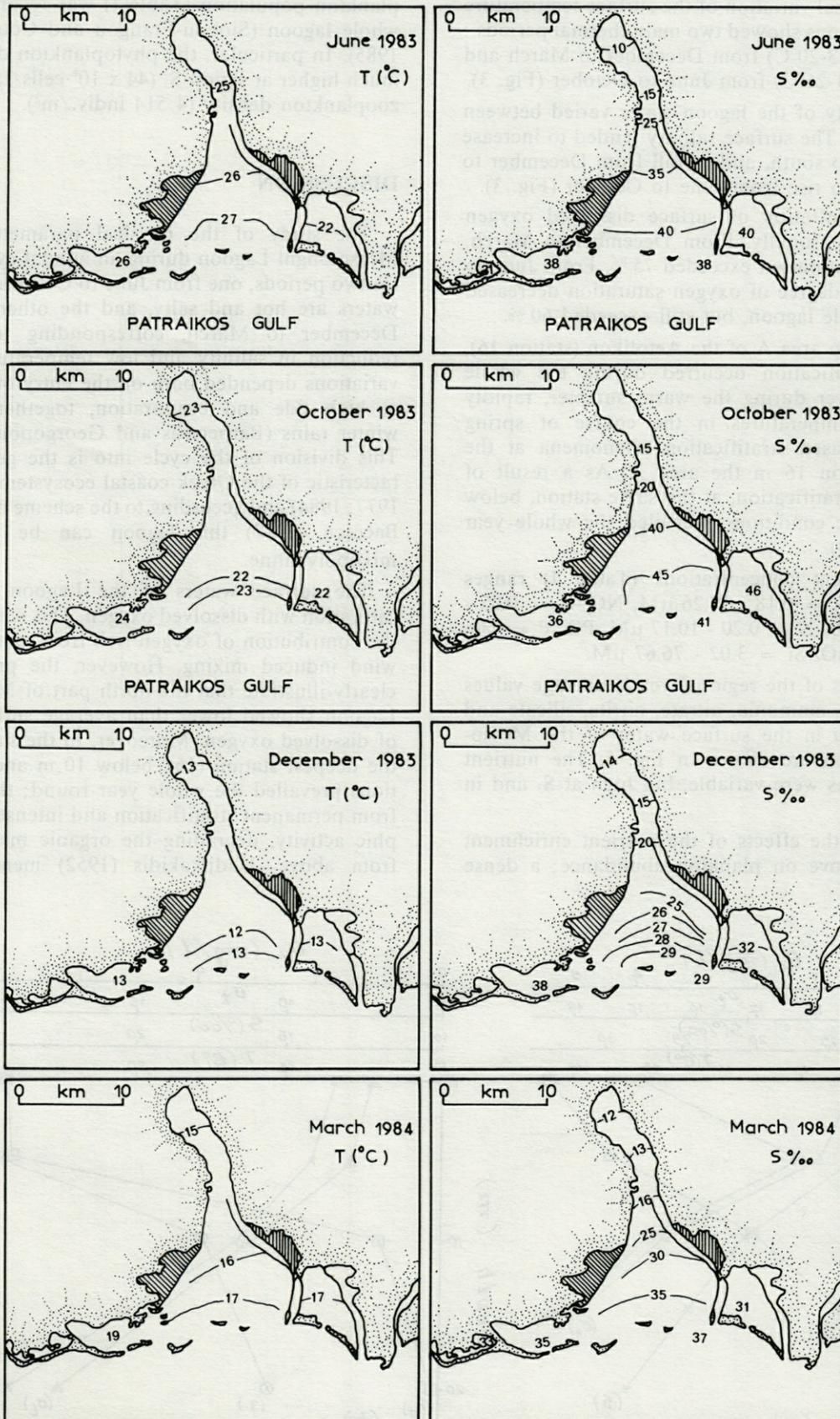


Fig. 3. — Surface distribution of temperature (°C) and salinity (‰) in the Messolonghi Lagoon.

The seasonal variation of the surface temperature at all the stations showed two main thermal periods : a cold one (13-20°C) from December to March and a hot one (21-26°C) from June to October (Fig. 3).

The salinity of the lagoon water varied between 12 and 60 ‰. The surface salinity tended to increase from north to south, and to fall from December to March and to rise from June to October (Fig. 3).

The concentration of surface dissolved oxygen also varied seasonally. From December to March, the oxygen saturation exceeded 75 %. From June to October, the degree of oxygen saturation decreased over the whole lagoon, but still exceeded 60 %.

In the deep area A of the Aetolikon (station 16), salinity stratification occurred during the whole year. Moreover during the warm summer, rapidly increasing temperatures in the course of spring caused increased stratification phenomena at the deepest station 16 in the area A. As a result of permanent stratification, at the same station, below 10 m, anoxic conditions prevailed the whole year round (Fig. 4).

The nutrient concentrations (Table I) ranges were : $\text{NH}_4\text{-N} = 0.18 - 12.26 \mu\text{M}$, $\text{NO}_2\text{-N} = 0.05 - 10.28 \mu\text{M}$, $\text{NO}_3\text{-N} = 0.20 - 10.17 \mu\text{M}$, $\text{PO}_4\text{-P} = 0.06 - 2.93 \mu\text{M}$, $\text{SiO}_4\text{-Si} = 3.02 - 76.67 \mu\text{M}$.

Histograms of the regional yearly average values of phosphate, ammonia, nitrate, nitrite, silicate and chlorophyll *a* in the surface water of the Messolonghi Lagoon are shown in Fig. 5. The nutrient concentrations were variable, but high at S₃ and in the area A.

What are the effects of the nutrient enrichment described above on plankton abundance; a dense

plankton population (Table I) was recorded in the whole lagoon (Siokou-Frangou and Cotsis-Skretas, 1985). In particular, the phytoplankton density was much higher at station S₃ (44×10^6 cells/l) as well as zooplankton density ($4\,514$ indiv./m³).

DISCUSSION

The study of the physical parameters of the Messolonghi Lagoon during an annual cycle indicates two periods, one from June to October, when the waters are hot and salty, and the other one from December to March, corresponding to a slight reduction in salinity and low temperatures. These variations depended both on the entry of sea water at high tide and evaporation, together with the winter rains (Barbetseas and Georgopoulos, 1984). This division of the cycle into is the general characteristic of the Greek coastal ecosystems (Frigilos, 1977; 1984) and according to the scheme of Pora and Bacescu (1977) this lagoon can be considered mixopolyhaline.

The surface waters of the Lagoon were near saturation with dissolved oxygen. This was due to (I) the contribution of oxygen rich fresh water and (II) wind induced mixing. However, the present data clearly illustrate that the north part of Messolonghi Lagoon showed lower than average surface values of dissolved oxygen. Moreover, in the same area at the deepest station (16), below 10 m anoxic conditions prevailed the whole year round; this resulted from permanent stratification and intense heterotrophic activity, degrading the organic matter falling from above. Hadjikakidis (1952) mentioned the

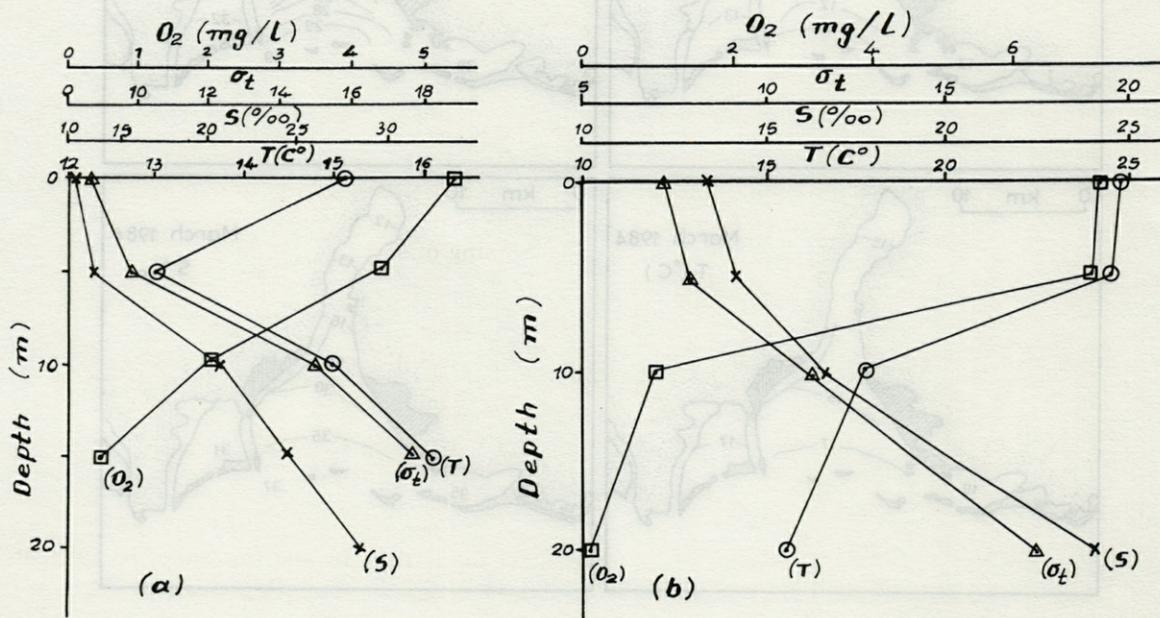


Fig. 4. — Vertical distribution of temperature, salinity, σ_t and dissolved oxygen at station 16; a : March 1984; B : June, 1983.

presence below 10 m of H_2S , the concentration of which increased with depth. He attributed the decrease in the concentration of dissolved oxygen in the deep waters mainly to decomposition of organic matter and the production of H_2S to anaerobic decomposition of this matter, where dissolved oxygen was depleted.

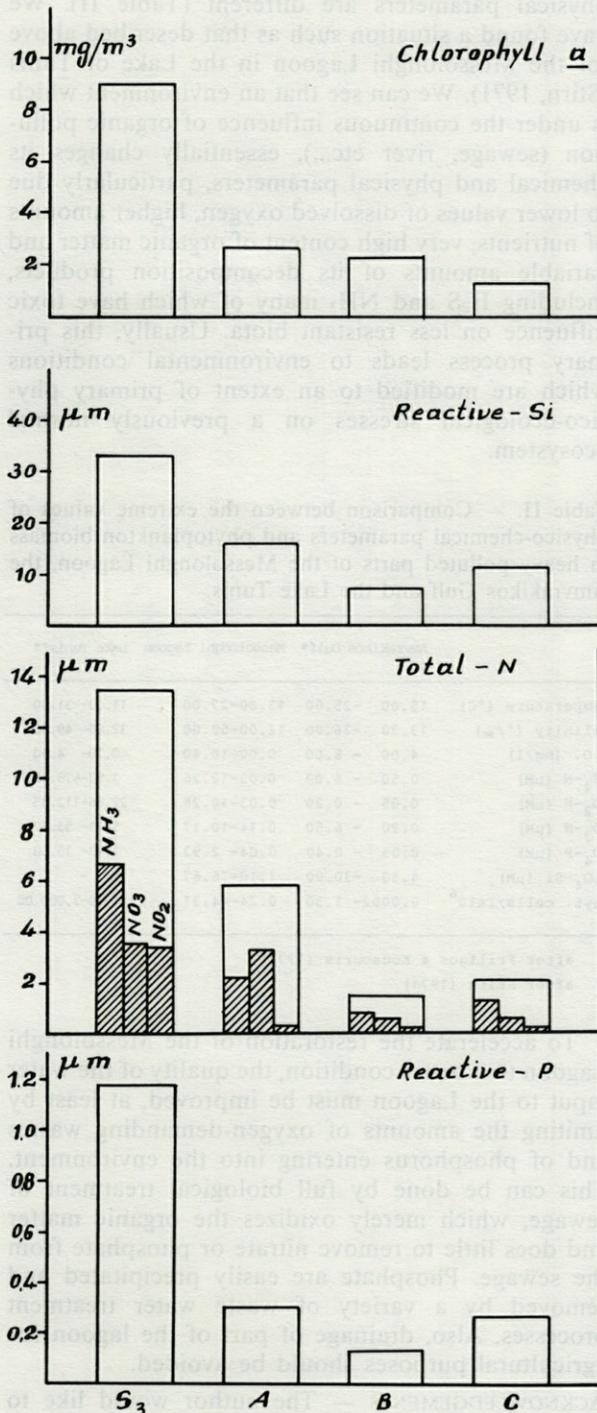


Fig. 5. — Histograms of regional average concentrations of nutrient salts in the waters of the Messolonghi Lagoon.

The concentrations of nutrients were higher than those observed in the Mediterranean Sea. The level of inorganic nitrogen was high at S₃ and following the area A. At S₃ is the dumping site of the untreated sewage of the town. Ammonia, which is the more reduced form of the nitrogenous salts, dominated in the waters of the lagoon except in the area A, which receives much drain water. During the annual cycle, the mean contents of ammonia, nitrite and nitrate showed two minima; these occurred June and October and corresponded to phytoplankton blooms.

The distribution of dissolved phosphate was more or less similar to that of the total dissolved nitrogenous salts phosphate concentrations were variable, but high at S₃ and in the area A. In general, they were lower than 0.5 µM. The smaller ones occurred in October. In A at S₆, near the bottom, the levels were around 5 µM. These high concentrations, like those quoted for other Mediterranean lagoons (Blank *et al.*, 1967; Chassany de Casabianca, 1979), correspond to a very high decomposition rate. This fast recycling of phosphate could explain also the small ΣN:P ratios (1.3-10.0) during the hot period.

As in the case of other nutrients the highest regional average values of silicate were found in the waters at S₃ and in the area A. The mean concentration of silicates increased from December to June. Its annual change compared to that of salinity showed that it reached its maximum at the end of the period of reduction of salinity. This is in agreement with that other authors, in particular Peterson (1975), have observed. It appears that the surface waters take out important amounts of silica. This accumulates until the beginning of summer, when the temperature, the insolation and the stability are such as to cause a phytoplankton bloom, which results in the silicates decreasing, as well as the other nutrients (nitrogen and phosphorus). The June and October chlorophyll *a* peaks corroborated the existence of these blooms.

The level of phytoplankton biomass appears rather interesting, since the level of chlorophyll *a* ranges between 0.2 to 21 mg/m³ with two maxima corresponding to the two blooms. The one at the beginning of summer is due to the enrichment from mainland waters, the other in autumn makes use of the nutrients from remineralization brought to the surface by the stirring of water in October.

Because of the high concentrations of nutrients, red tide tends to occur in the lagoon. It was observed by Hadjikakidis (1952) in 1951 and in 1985 (N.C.M.R. data). Also, the worsening of the environmental conditions is suggested by the fish production drop (Fig. 6). In 1973, it had fallen from 1,600 tn in 1964 to 400 tn, while, in 1983, it had diminished further to 200 tn (Claoudatos & Apostolopoulos, 1984). However, overfishing may have also contributed to this reduction in catches.

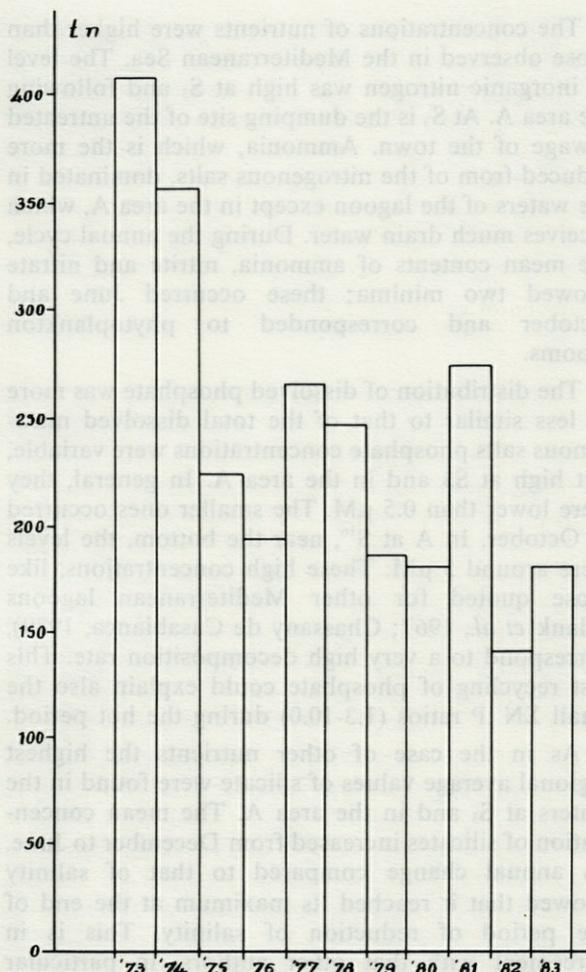


Fig. 6. — Production of the fish farms of the Messolonghi Lagoon, from 1973 to 1983, adapted from Klaoudatos and Apostolopoulos (1984).

The effect of pollution on the Messolongi Lagoon can be clearly illustrated by comparing the concentrations of nutrients and phytoplankton biomass (maximum values) of the present study with those from unpolluted Amvrakikos Gulf, which lies on the N.W. coast of Greece and is an extension of the Ionian Sea, and in the shallow polluted lake of Tunis in the North African coastal waters. The Amvrakikos is a shallow semi-enclosed area, characterized by low salinities, especially along the north coast receiving the waters from important rivers (Friligos & Koussouris, 1977). During the summer months, the Lake of Tunis develops extreme symptoms of eutrophication and, during calm periods, the entire water column may become anaerobic, with blooms of red sulfur-reducing, photosynthetic bacteria and fish kills that seriously damage the fishery in the lake (Stirn, 1971). It should be noted that the maximum values of nutrients referred to the heavily polluted parts of the compared lagoons. The maximal concentrations of ammonia and nitrate were about twice those in the Amvrakikos. The maximal values of phosphate and nitrite were respectively about 7

and 50 times those in the Amvrakikos. Also, the maximum values of the phytoplankton biomass was 30 times that in the Amvrakikos. However, the maximal values of nutrients and phytoplankton biomass in the Lake Tunis were higher than those in the Messolonghi Lagoon.

Thanks to the above mentioned investigation we can compare biocenological modifications and chemical changes in three water environments which physical parameters are different (Table II). We have found a situation such as that described above for the Messolonghi Lagoon in the Lake of Tunis (Stirn, 1971). We can see that an environment which is under the continuous influence of organic pollution (sewage, river etc...), essentially changes its chemical and physical parameters, particularly due to lower values of dissolved oxygen, higher amounts of nutrients, very high content of organic matter and variable amounts of its decomposition products, including H_2S and NH_3 many of which have toxic influence on less resistant biota. Usually, this primary process leads to environmental conditions which are modified to an extent of primary physico-ecological stresses on a previously normal ecosystem.

Table II. — Comparison between the extreme values of physico-chemical parameters and phytoplankton biomass in heavy polluted parts of the Messolonghi Lagoon, the Amvrakikos Gulf and the Lake Tunis.

	Amvrakikos Gulf*	Messolonghi Lagoon	Lake Tunis**
Temperature ($^{\circ}C$)	15.00 - 25.00	13.00-27.00	11.00- 31.00
Salinity ($^{\circ}/\infty$)	13.30 - 36.00	12.00-60.00	32.00- 49.00
D.O. (mg/l)	4.00 - 8.00	0.00-10.40	0.70- 4.90
NH_4-N (μM)	0.50 - 6.00	0.05-12.26	3.57-678.58
NO_2-N (μM)	0.05 - 0.20	0.03-10.28	22.86-112.85
NO_3-N (μM)	0.20 - 6.50	0.14-10.17	5.71- 53.57
PO_4-P (μM)	0.05 - 0.40	0.04- 2.93	1.93- 10.00
SiO_4-Si (μM)	4.50 -30.00	1.10-76.67	-
Phyt. cells/ $lx10^6$	0.0002- 1.50	0.24-44.31	1.80-3,000.00

* after Friligos & Koussouris (1974)

** after Stirn (1971)

To accelerate the restoration of the Messolonghi Lagoon to a better condition, the quality of the water input to the Lagoon must be improved, at least by limiting the amounts of oxygen-demanding wastes and of phosphorus entering into the environment. This can be done by full biological treatment of sewage, which merely oxidizes the organic matter and does little to remove nitrate or phosphate from the sewage. Phosphate are easily precipitated and removed by a variety of waste water treatment processes. Also, drainage of part of the lagoon for agricultural purposes should be avoided.

ACKNOWLEDGEMENTS — The author would like to acknowledge, Dr. S. Claoudatos and, in particular, S. Barbetseas for making technical reports available and for helpful consultation and discussions.

REFERENCES

- BARBETSEAS S., & D.GEORGOPOULOS, 1984. Certaines observations sur les fluctuations des paramètres physiques aux lagunes de Messolonghi et d'Aetolikon. 1er Symposium Grec en Océanographie et Pêche, Athènes, 14-17 mai 1984.
- BLANC F., B. COSTE & H. MINAS, 1967. Distribution et corrélations des principaux facteurs hydrobiologiques dans un milieu de forte production organique (Etang de Berre). *Mar. Biol.*, 1 : 43-54.
- CARRITT D.E. & J.H. CARPENTER, 1966. Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.*, 24 : 286-318.
- CLAUDATOS S. & J. APOSTOLOPOULOS, 1984. Study of Fisheries in the Messolonghi Lagoon. Technical Report on the study for the protection and the development of fishing in the Messolonghi Lagoon, N.C.M.R., Athens, 58-77.
- CHASSANY DE CASABIANCA M.L., G. GAUMER, F.L. SAMSON-KECHACHA & R. SEMROUD, 1981. Note préliminaire relative à l'étude d'un écosystème saumâtre : le lac Mellah (Algérie). *Rapp. P.V. Réunion. Comm. Int. Explor. Scient. Mer Médit.*, 25-26(3) : 105-108.
- FRILIGOS N., 1977. Seasonal variation of nutrient salts, dissolved oxygen and chlorophyll *a* in the Thermaikos Gulf. *Thalassia Yugosl.*, 13 : 327-342.
- FRILIGOS N. & TH. KOUSOURIS, 1977. Preliminary chemical, physical and biological observations in Amvrakikos Gulf (April 1974). *Thalassia Yugosl.*, 12 : 31-44.
- FRILIGOS N., 1984. Nutrients of the Saronikos Gulf in relation to environmental characteristics. *Hydrobiologia*, 112 : 17-25.
- HADJIKAKIDIS A., 1952. Red tide in the Aetoliko Lagoon. *Acta Athens Academy*, 27 : 21-48.
- HOLM-HANSEN O., LORENZEN C.J., R.W. HOLMES & J.D.H. STRICKLAND, 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Pern. Int. Explor. Mer.*, 30 : 3-15.
- KARAPIPERIS L.N., 1971. Rainfall distribution in the area of Greece (in Greek). *Bull. Geolog. Soc., Greece*, 11 : 1-27.
- PETERSON D.H., 1975. Processes controlling the dissolved silica distribution in San Francisco Bay. *Estuar. Res.*, 1 : 153-187.
- PORA A.E. & M. BACESCU, 1977. Biologie des eaux saumâtres de la Mer Noire. *Inst. Roum. Rech. Mar. Constanza*, 1 : 7-16.
- SIOKOU-FRANGOU I. & O. GOTSIS-SKRETAS, 1985. Aspect du plancton de la lagune de Messolonghi en Juin 1983. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 29 : 171-173.
- STIRN J., 1971. Ecological consequences of marine pollution. *Rev. Intern. Oceanogr. Med.*, 24 : 13-46.
- STRICKLAND J.D.H. & T.R. PARSONS, 1968. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167 : 1-311.

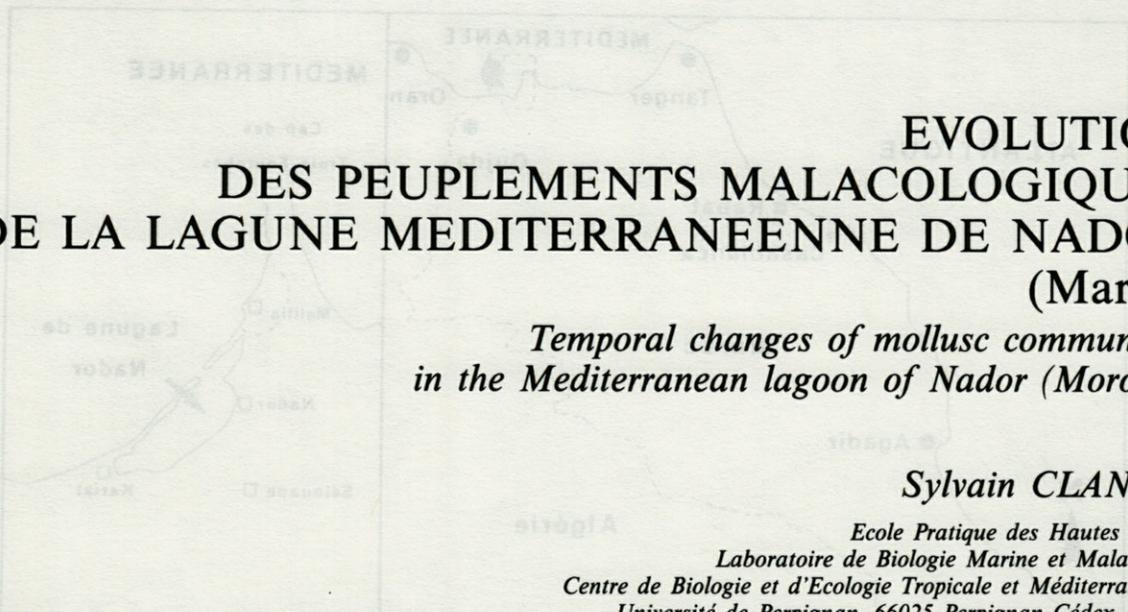
Reçu le 24 février 1987; received February 24, 1987
Accepté le 18 août 1988; accepted August 18, 1988

EVOLUTION DES PEUPELEMENTS MALACOLOGIQUES DE LA LAGUNE MEDITERRANEENNE DE NADOR (Maroc)

*Temporal changes of mollusc communities
in the Mediterranean lagoon of Nador (Morocco)*

Sylvain CLANZIG

*Ecole Pratique des Hautes Etudes
Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie
Centre de Biologie et d'Ecologie Tropicale et Méditerranéenne
Université de Perpignan, 66025 Perpignan Cédex, France*



MOLLUSQUES
LAGUNE
MAROC
MEDITERRANEE
CONFINEMENT
ACTUEL

RÉSUMÉ — La détermination des Mollusques prélevés en mai 1983 dans la plus occidentale des lagunes méditerranéennes, celle de Nador (Maroc), porte le nombre des espèces répertoriées de 60 à 113. La réouverture de la passe (la Bokhana) et ses conséquences sur l'atténuation du confinement, semblent être à l'origine des différences constatées, entre 1976-78 (Saubade, 1979) et 1983-84, sur la richesse spécifique des Mollusques et l'accroissement de leur test. La proportion d'espèces communes à la lagune de Nador et aux étangs de Berre et de Thau, reste sensiblement la même que celle relevée par Saubade (1979), bien que le nombre de Mollusques vivant dans la première ait presque doublé. Cette lagune se caractérise toujours par l'absence totale d'espèces très communes dans la très grande majorité des autres lagunes méditerranéennes (ex. *Mytilus galloprovincialis*) et par la présence de 39 espèces non représentées dans les lagunes du littoral français.

MOLLUSCS
LAGOON
MOROCCO
MEDITERRANEAN
CONFINEMENT
PRESENT

ABSTRACT — The determination of molluscs collected in May 1983 in the most occidental mediterranean lagoon of Nador (Morocco), brought the number of species known of the lagoon from 60 to 113. The reopening of the channel (the Bokhana) and its consequences on the reduction of confinement between 1976-78 and 1983-84, seems to be the reason for the qualitative increase of mollusc species and the increase in the size of their shells. The proportion of species common to the Nador lagoon and to the Berre and Thau mediterranean lagoons in France, remains close to the one established by Saubade (1979), although the number of species living in Nador lagoon has nearly doubled. This lagoon's characteristics have always been an entire lack of species very common in mediterranean lagoons, such as *Mytilus galloprovincialis*, and the presence of 39 other species not present in french mediterranean lagoons.

INTRODUCTION

Des prospections malacologiques, réalisées en 1983 dans la lagune de Nador, font apparaître une richesse spécifique plus élevée que celle relevée au cours d'études antérieures. La dernière en date, celle de Saubade (1979), servira de terme comparatif dans cette mise au point et dans la mise en évidence de la rapide évolution parallèle du milieu et de ses peuplements malacologiques.

MILIEU

Présentation physique

Située entre le Cap des Trois Fourches au nord-ouest et le cap de l'Eau au sud-est, à l'extrémité du Rif oriental marocain, la « Sebkhha bou Areg » ou lagune de Nador occupe une position géographique originale. Elle est bordée par la ville de Nador à

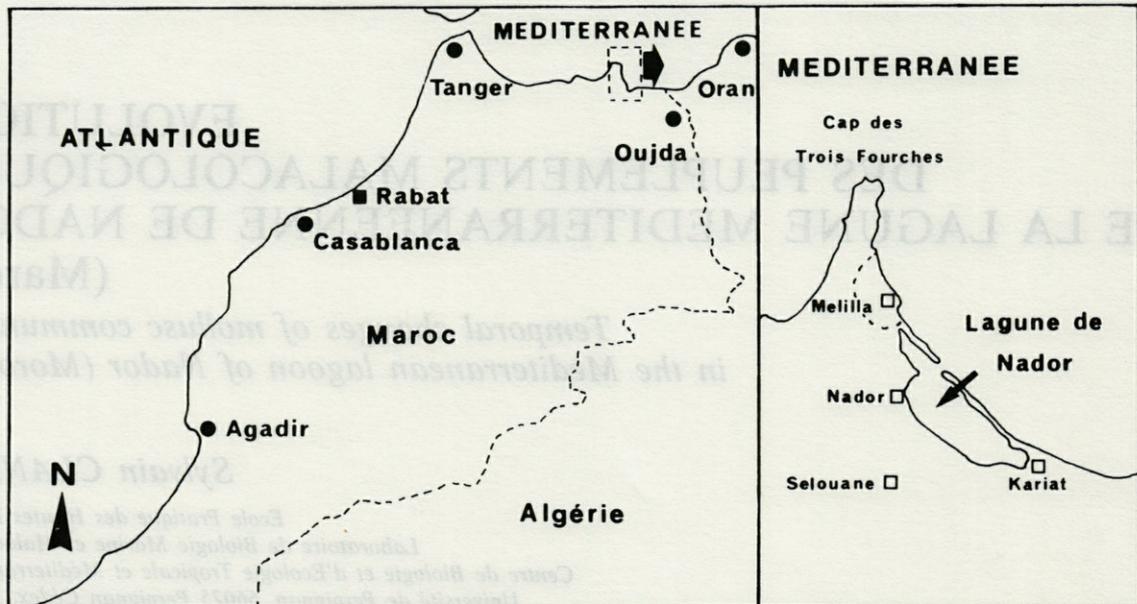


Fig. 1. — Situation géographique de la lagune de Nador
Geographical situation of the Nador lagoon

l'ouest et le territoire espagnol de Melilla au nord (Fig. 1).

Longue de 14 km et large de 4,5 km dans ses plus grandes dimensions, elle occupe une surface estimée à 11 300 ha (Saubade, 1979). D'une profondeur maximale de 6 m (Saubade, 1979), elle est séparée de la mer par un cordon littoral (composé d'un sédiment pléistocène gréseux et de sables récents) interrompu par une passe de 130 m de large environ, la Bokhana, qui était totalement ensablée en 1977 (Guélorget *et al.*, 1984), période au cours de laquelle Saubade a dressé son inventaire. En 1983, cette passe était largement ouverte. Obturée cycliquement, elle est régulièrement réouverte par les tempêtes aux points de moindre résistance du cordon littoral. Son emplacement a varié plus de 6 fois au cours des temps historiques. La position centrale qu'elle occupait en 1983-84, est celle qui permet selon Guélorget *et al.* (1984), « les meilleurs échanges avec la mer ».

Climatologie

La pluviométrie moyenne oscille autour de 400 mm par an. Les pluies se répartissent entre 2 maxima (avril et décembre).

La température de l'air ne descend pas en dessous de 4°C en hiver, alors qu'elle s'élève à 35°C en période estivale, ce qui provoque une intense évaporation, responsable du déficit hydrique sur l'année.

Le régime général des vents présente une alternance ouest/sud-ouest de novembre à mai et est/nord-est de mai à octobre (Tesson, 1977).

Hydrologie

Seuls 3 émissaires principaux débouchent sur la rive ouest de la lagune. Leur contribution a augmenté jusqu'en 1978-79 (Saubade, 1979) pour diminuer ensuite, en raison de l'aménagement de canaux d'irrigation au sud-ouest. Leur débit est inconnu.

Lorsque la Bokhana est ouverte, la lagune bénéficie d'apports marins permanents liés au phénomène général des marées et au régime éolien. Guélorget *et al.* (1984) ont mis en évidence la circulation des eaux dans la lagune (Fig. 2), dont la principale conséquence est une grande homogénéité des caractères physico-chimiques de ses eaux.

La salinité moyenne était en 1983-84 de 42 ‰, donc supérieure à celle de la mer (36,5 ‰) (Guélorget *et al.*, 1984). En 1976, la passe étant ensablée, elle était inférieure à celle de la mer (33 ‰), en raison des apports d'eau douce (Tesson, 1977).

La pénétration incessante des eaux marines et les courants induits, jouent un rôle régulateur à tous les niveaux et maintiennent la plus grande partie de la lagune en zone II sur l'échelle de confinement selon Guélorget *et al.*, fig. 33 (1984)(Fig. 2).

Le milieu benthique

La majorité des fonds de la lagune est l'objet d'une sédimentation vaseuse plus ou moins carbonatée (Guélorget *et al.*, 1984). Le long du cordon littoral, il existe une mince bande sableuse d'origine

marine et en quelques points, des zones de blocs de grès quaternaires issus des dunes consolidées formant en partie le cordon littoral. On trouve sur la bordure sud-ouest une bande de vases sableuses

résultant du transport des particules les plus fines vers les zones les plus profondes (Guélorget *et al.* 1984).

Hormis la bordure sud-ouest et quelques zones de la bordure nord-est dépourvues de végétation, l'ensemble des fonds de la lagune est recouvert d'herbiers : herbier à *Ruppia maritima*, aux extrémités, et herbier mixte à *Caulerpa prolifera* et à *Cymodocea nodosa* s'éclaircissant dans les parties les moins profondes (Guélorget *et al.*, 1984). En 1983, à proximité de la Bokhana, par 6 m de fond, il existait une étendue assez vaste recouverte de *Halimeda* sp.

METHODES

L'échantillonnage des Mollusques a été effectué à 3 stations (Fig. 2,2), par fauchage des herbiers, par prélèvement de sédiment en plongée et par collecte sur les zones de bordures de la lagune. L'aire prospectée pour chaque station est comprise entre 25 et 50 m². Les espèces ont été collectées vivantes à l'exception de quelques espèces remarquables récoltées en thanatocénose.

STATIONS (Fig. 2,2)

Les 3 stations prospectées correspondent à 3 zones différentes de l'échelle de confinement, telles qu'elles ont été définies par Guélorget et Perthuisot (1983).

Station A : les espèces recueillies à cette station, proche de la Bokhana, confirment sa position en zone I de confinement. Le peuplement se compose d'espèces appartenant en partie à la biocénose des Sables Fins Bien Calibrés (Pères et Picard, 1964) : *Glycymeris violacescens*, *Acanthocardia tuberculata*, *Tellina planata*, *Solen marginatus*, *Nassarius mutabilis*, etc...

Sur les quelques gros rochers immergés près de la passe (provenant vraisemblablement du démantèlement du lido), on note la présence d'espèces sessiles telles que *Spondylus gaederopus* et *Ostrea edulis* (limitée à cette zone, mais pas totalement absente comme le constate Saubade en 1979).

Station B : plus éloignée de la passe, c'est une station qui offre un aspect hétérogène, où se cotoient des herbiers à phanérogames (*Cymodocea nodosa*) et des zones à blocs de grès quaternaires. Dans les herbiers on trouve en abondance *Pinna nobilis*, qui se rencontre de 0,15 à 5 m de profondeur. Elle peut atteindre 60 cm de longueur à partir d'une profondeur de 1,5 m. Cette espèce abrite un petit Crustacé

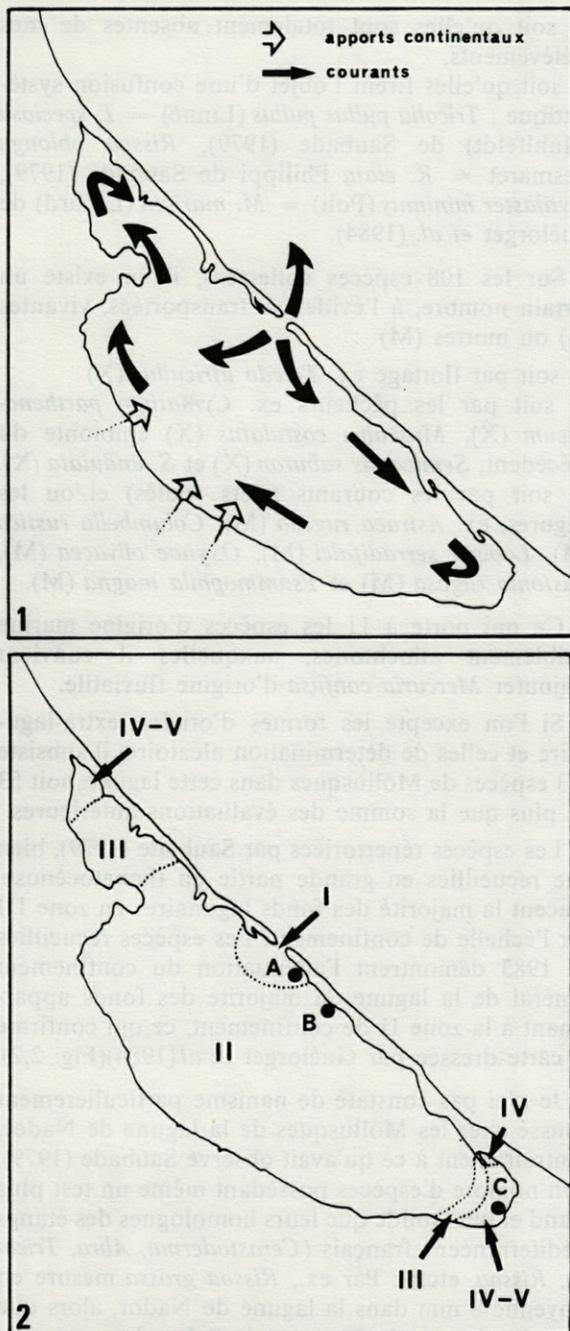


Fig. 2. — 1, Les courants et les principaux tributaires de la lagune de Nador, d'après Guélorget et Perthuisot (1983); 2, carte de confinement de la lagune de Nador, d'après Guélorget et Perthuisot (1983) et localisation des stations prospectées.

1, streams and the principal brooks of the Nador lagoon, according to Guélorget and Perthuisot (1983); 2, confinement map of the Nador lagoon, according to Guélorget and Perthuisot (1983), and prospected stations.

Décapode commensal, *Pinnotheres pinnotheres* (Linné).

Pinna nobilis, enfoncée verticalement dans le sédiment, offre par la partie émergente de son test, l'essentiel des substrats solides au sein des herbiers. On y recueille les mêmes espèces sessiles que sur les rochers voisins : Spongiaires (indéterminés), Tuniciers (*Botrylloides leachi*)(Savigny), *Clavelina lepadiformis* (Müller), *Ciona intestinalis* Linné, *Phallusia mammillata* (Cuvier), Hexacoralliaire (*Anemonia sulcata*)(Pennant).

Associés à cette faune sessile, en plus des Mollusques regroupés dans le tabl. I, on rencontre indifféremment sur les rochers et les *Pinna*, les Crustacés *Eriphia verrucosa* (Forsk.), *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius), *Porcellana longicornis* (Pennant); les Echinodermes *Paracentrotus lividus* (Lamarck), *Arbacia lixula* (Linné), *Sphaerechinus granularis* (Lamarck), *Psammechinus microtuberculatus* (Blainville), *Ophiotrix fragilis* (Abildgaard), *Ophioderma longicauda* (Retzius), *Amphiura* sp., *Asterina gibbosa* (Pennant), *Holothuria* sp., *Ocnus planci* (Brandt).

Dans le sédiment on peut recueillir l'Echinide *Brissus unicolor* (Leske) et en surface, les Astérides *Astropecten irregularis penthacanthus* (Chiaje) et *Astropecten bispinosus* (Otto).

L'influence marine est encore forte, « mais la pénétration en milieu lagunaire est effective » sic. La faune correspond à la biocénose des Sables Vaseux en Mode Calme définie par Pérès et Picard (1964) et à la zone II de confinement (Guélorget et Perthuisot, 1983). La position de cette station est conforme à la carte de confinement dressée par Guélorget *et al.* (1984)(Fig. 2,2).

Station C : proche du village de Kariat, c'est la station prospectée la plus éloignée de la Bokhana. On y recueille des Mollusques qualifiés d'euryhalins par Mars (1966) (Tabl. I) qui caractérisent la zone IV de confinement (Guélorget et Perthuisot, 1983). Un ruisseau débouchant à proximité y a transporté des tests du Mollusque dulçaquicole *Mercuria confusa*. Cette faune confirme la carte dressée par Guélorget *et al.* (1984), où l'emplacement de cette station correspond à la zone IV-V de l'échelle de confinement (la présence de *Hydrobia ulvae*, induisant le degré V).

COMPARAISON AVEC LA FAUNE CITEE ANTERIEUREMENT (Tabl.I)

L'inventaire dressé en 1979 (Saubade) fait état de 59 espèces dont 3 dulçaquicoles (*Sphaerium* sp., *Melanopsis* sp., *Bulinus* sp.) et 1 terrestre (*Helix* sp.), soit 55 espèces lagunaires.

Dans les travaux de Guélorget *et al.* (1984), 5 espèces de plus sont citées, ce qui porte le total des espèces jusqu'alors recensées à au moins 60.

L'ensemble des espèces collectées en mai 1983 s'élève à 108. Toutefois, 19 de celles signalées antérieurement n'ont pas été retrouvées :

- soit qu'elles sont totalement absentes de mes prélèvements,
- soit qu'elles firent l'objet d'une confusion systématique : *Tricolia pullus pullus* (Linné) = *T. speciosa* (Muhlfeldt) de Saubade (1979), *Rissoa oblonga* Desmaret = *R. elata* Philippi de Saubade (1979), *Mytilaster minimus* (Poli) = *M. marioni* (Locard) de Guélorget *et al.* (1984).

Sur les 108 espèces collectées, il en existe un certain nombre, à l'évidence, transportées, vivantes (X) ou mortes (M) :

- soit par flottage ex. *Teredo utriculus* (X)
- soit par les pêcheurs ex. *Cymatium parthenopaeum* (X), *Musculus costulatus* (X) épibionte du précédent, *Semicassis saburon* (X) et *S. undulata* (X).
- soit par les courants (tests roulés) et/ou les Pagures, ex. *Astraea rugosa* (M), *Columbella rustica* (M), *Lobiger serradifalci* (M), *Oxynoe olivacea* (M), *Eastonia rugosa* (M) et *Psammophila magna* (M).

Ce qui porte à 11 les espèces d'origine marine visiblement allochtones, auxquelles il convient d'ajouter *Mercuria confusa* d'origine fluviale.

Si l'on excepte les formes d'origine extra-lagunaire et celles de détermination aléatoire, il subsiste 113 espèces de Mollusques dans cette lagune, soit 53 de plus que la somme des évaluations antérieures.

Les espèces répertoriées par Saubade (1979), bien que recueillies en grande partie en thanatocénose, placent la majorité des fonds lagunaires en zone III sur l'échelle de confinement. Les espèces recueillies en 1983 démontrent l'atténuation du confinement général de la lagune, la majorité des fonds appartenant à la zone II de confinement, ce qui confirme la carte dressée par Guélorget *et al.*(1984)(Fig. 2,2).

Je n'ai pas constaté de nanisme particulièrement poussé chez les Mollusques de la lagune de Nador, contrairement à ce qu'avait observé Saubade (1979). Bon nombre d'espèces possédant même un test plus grand et plus solide que leurs homologues des étangs méditerranéens français (*Cerastoderma*, *Abra*, *Tricolia*, *Rissoa*, etc...). Par ex., *Rissoa grossa* mesure en moyenne 8 mm dans la lagune de Nador, alors que dans les étangs de Thau et de Salses-Leucate, elle n'atteint qu'exceptionnellement cette taille (il est vraisemblable que les différences climatiques de température entre ces lagunes de confinement comparable influent sur la taille des tests).

Ce fait, ainsi que l'augmentation qualitative de la malacofaune sont à mettre en rapport avec l'atténuation du confinement engendré par la réouverture de la Bokhana.

Tabl. I. — Liste des espèces de Mollusques de la lagune de Nador et comparaison avec deux étangs méditerranéens français. A,B,C, stations; Nador, signalisations antérieures; Thau, Dupouy (1956), Salines (1957) et Mars (1966); Berre : Mars (1966) et Fèbvre (1968); * espèces transportées; X, espèces vivantes en A, B et C ou citées dans les autres colonnes; M, espèces recueillies en thanatocénose.

*Molluscs species of the Nador lagoon, and comparison with two french mediterranean lagoons; A,B,C, stations; Nador, previous signalisations; Thau, Dupouy (1956), Salines (1957) and Mars (1966); Berre : Mars (1966) and Fèbvre (1968); * stranger species; X, living species in A,B, and C or signalled in others circumstances; M, species recolted in thanatocenosis.*

SYSTEMATIQUE	A	B	C	NADOR	THAU	BERRE	SYSTEMATIQUE	A	B	C	NADOR	THAU	BERRE
POLYPLACOPHORA							GASTEROPODA						
<i>Lepidochiton cinereus</i> (Linné, 1767)	X	X			X	X	* <i>Bulinus</i> sp.				X		
<i>Middendorffia caprearum</i> (Scacchi, 1836)		X			X		* <i>Helix</i> sp.				X		
GASTEROPODA							BIVALVIA						
<i>Patella tarentina</i> Salis, 1793	X	X					<i>Nucula nucleus</i> (Linné, 1758)	M	M		X		X
<i>Monodonta articulata</i> Lamarck, 1822	X	X			X	X	<i>Nuculana fragilis</i> (Chemnitz, 1784)				X		
<i>Jujubinus gravinae</i> (Monterosato, 1879)	X			X			<i>Arca noae</i> Linné, 1758	M	X				
<i>Jujubinus striatus</i> (Linné, 1758)	X	X	M	X	X	X	<i>Glycymeris violascens</i> (Lamarck, 1819)	M			X		
<i>Gibbula ardens</i> (Salis, 1793)	M			X			<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1790)	X	X		X	X	X
<i>Gibbula umbilicaris</i> (Linné, 1758)	X	X	M		X		<i>Mytilaster minimus</i> (Poli, 1795)	X	X	M	X	X	X
<i>Gibbula cf. tumida</i> (Montagu, 1803)		M			X		<i>Mytilaster marioni</i> (Locard, 1889)				X	X	X
<i>Clanculus cruciatus</i> (Linné, 1758)	X						<i>Modiolus adriaticus</i> (Lamarck, 1819)				X	X	X
<i>Clanculus jussieuvi</i> (Payraudeau, 1826)	M	M	M		X	X	<i>Modiolus barbatus</i> (Linné, 1758)	X	X	M	X	X	X
* <i>Astraea rugosa</i> (Linné, 1758)	M						<i>Musculus marmoratus</i> (Forbes, 1838)	X	X	M	X	X	X
<i>Tricolia tenuis</i> (Michaud, 1829)		M	X		X	X	* <i>Musculus costulatus</i> (Risso, 1826)	X			?		
<i>Tricolia speciosa</i> (Mühlfeld, 1824)				?			<i>Gregariella sulcata</i> (Risso, 1822)	X	M				
<i>Tricolia pullus</i> (Linné, 1758)	X	X	M	X	X	X	<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linné, 1758)	X	X				
<i>Littorina punctata</i> (Gmelin, 1790)	X	X					<i>Pinna nobilis</i> Linné, 1758	X	X				
<i>Littorina neritoides</i> (Linné, 1758)	X	X			X	X	<i>Pallioium hyalinum</i> (Poli)				X		
<i>Hydrobia ulvae</i> (Pennant, 1777)	M	M	M	X	X	X	<i>Chamys varia</i> (Linné, 1758)	X	X			X	X
<i>Truncatella subcylindrica</i> (Linné, 1767)		M	M		X		<i>Chamys flexuosa</i> (Poli, 1795)				X		
* <i>Mercuria confusa</i> (Frauenfeld, 1863)		M	M		X		<i>Spondylus gaederopus</i> Linné, 1758	X					
<i>Rissoa parva</i> (Costa, 1779)	X			X	X		<i>Anomia ephippium</i> Linné, 1758	X	X		X	X	X
<i>Rissoa similis</i> (Scacchi, 1836)	X	X					<i>Limaria inflata</i> (Chemnitz, 1784)	X	X	M	X	X	X
<i>Rissoa grossa</i> Michaud, 1832	X	X	X		X	X	<i>Limatula subariculata</i> (Montagu, 1808)				X		
<i>Rissoa lineolata</i> Michaud, 1832	X	X	M		X	X	<i>Ostrea edulis</i> Linné, 1758	X				X	X
<i>Rissoa monodonta</i> Philippi, 1836	X						<i>Lucinella divaricata</i> (Linné, 1758)				X		
<i>Rissoa etata</i> Philippi, 1844				?			<i>Loripes lacteus</i> (Linné, 1758)		X	X	X	X	X
<i>Rissoa violacea</i> Desmaret, 1814				X			<i>Loripinus fragilis</i> (Philippi, 1836)	M	X		X		
<i>Rissoa cf. oblonga</i> Desmaret, 1814	X	X	M		X		<i>Acanthocardia echinata</i> (Linné, 1758)	M	M		X		
<i>Alvania cimex</i> (Linné, 1758)	M						<i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linné, 1758)	M				X	X
<i>Caecum subannulatum</i> Folin, 1869	X					X	<i>Acanthocardia paucicostata</i> (Sowerby, 1839)	X	X	M	X	X	X
<i>Bittium reticulatum</i> (Costa, 1778)	X	X	M	X	X	X	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguère, 1789)	X	X	X	X	X	X
<i>Cerithium vulgatum</i> (Bruguère, 1792)	X	X	M	X	X	X	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1790)	X	X	M	X	X	X
<i>Cerithium rupestre</i> (Risso, 1826)	X						* <i>Eastonia rugosa</i> (Helbling, 1779)	M					
<i>Epitonium clathrus</i> (Linné, 1758)	M				X	X	* <i>Psammophila magna</i> (Costa, 1778)	M					
<i>Epitonium communatum</i> (Monterosato, 1877)	X	X					<i>Spisula subtruncata</i> (Costa, 1778)				X	X	X
* <i>Semicassis saburon</i> (Bruguère, 1792)	M	M					<i>Macta stultorum</i> (Linné, 1758)	M			X	X	X
* <i>Semicassis undulata</i> (Gmelin, 1790)	M						<i>Macta glauca</i> Born, 1778		X		X	X	X
* <i>Cymatium parthenopaenum</i> (Salis, 1793)	M	M					<i>Solen marginatus</i> (Pennant, 1777)	M			X	X	X
<i>Murex trunculus</i> (Linné, 1758)	X	X	X	X	X	X	<i>Tellina planata</i> Linné, 1758	X	M				
<i>Murex brandaris</i> Linné, 1758	X	X	X	X	X	X	<i>Tellina donacina</i> Linné, 1758	X	M				
<i>Ocenebra erinacea</i> (Linné, 1758)	X	X	M		X	X	<i>Tellina pulchella</i> Lamarck, 1818				X		
<i>Thais haemastoma</i> (Linné, 1767)	X						<i>Tellinella distorta</i> (Poli, 1795)				X		X
* <i>Columbella rustica</i> (Linné, 1758)			M				<i>Gastrana fragilis</i> (Linné, 1758)	M	X	X	X	X	X
<i>Buccinum corneum</i> (Linné, 1758)	M	X			X	X	<i>Abra alba</i> (Wood, 1801)	X	X		X	X	X
<i>Nassarius mutabilis</i> (Linné, 1758)	M		M		X	X	<i>Abra ovata</i> Philippi, 1836		M	X		X	X
<i>Nassarius corniculatus</i> (Olivier, 1792)	X	M	X	X	X	X	<i>Abra nitida</i> (Müller, 1789)				X		
<i>Nassarius reticulatus</i> (Linné, 1758)	X	X	M	X	X	X	<i>Srobicularia plana</i> (Costa, 1778)				X	X	X
<i>Nassarius costulatus</i> (Renier, 1804)	X	M	M	X	X	X	<i>Solecurius strigillatus</i> (Linné, 1758)	M	M				X
<i>Cyclope neritea</i> (Linné, 1758)		M	M	X	X	X	<i>Venus verrucosa</i> Linné, 1758	X	M				
* <i>Melanopsis</i> sp.				X			<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	X	X		X	X	X
<i>Anisocycla pointelli</i> (Folin, 1767)	M	X			X		<i>Tapes decussatus</i> (Linné, 1758)	X	X		X	X	X
<i>Chrysalida obtusa</i> (Brown, 1827)	M	M			X		<i>Venerupis aurea</i> (Gmelin, 1790)	X	X		X	X	X
<i>Turbonilla cf. delicata</i> (Monterosato, 1882)				X			<i>Venerupis geographica</i> (Chemnitz, 1784)			X			
<i>Turbonilla</i> sp.	M						<i>Chamelea gallina</i> (Linné, 1758)	X	M		X	X	X
<i>Bulla striata</i> Bruguère, 1792	M	M	M	X	X	X	<i>Dosinia lupinus</i> (Linné, 1758)	X	X	M	X	X	X
<i>Haminaea navicula</i> (Costa, 1778)	X	X	M	X	X	X	<i>Callista chione</i> (Linné, 1758)	X					
<i>Acera bullata</i> Müller, 1776	M				X	X	<i>Clausinella fasciata</i> (Costa, 1778)			X			
<i>Philine aperta</i> (Linné, 1758)	M	X			X	X	<i>Irus irus</i> (Linné, 1758)	X	X			X	X
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguère, 1792)			M	X	X	X	<i>Petricola lithophaga</i> (Retzius, 1786)	X	X			X	X
<i>Atys blainvilliana</i> (Recluz, 1843)		M					<i>Corbula gibba</i> (Olivier, 1792)	X	M	M	X	X	X
<i>Aplysia</i> sp.		X					<i>Lentidium mediterraneum</i> (Costa, 1829)				X	X	X
<i>Aglaia tricolorata</i> Renier, 1804		X					<i>Pholas dactylus</i> Linné, 1758	M			X	X	X
<i>Cylichna</i> sp.	M						* <i>Teredo urticulus</i> Gmelin, 1791	M					
* <i>Lobiger serradifalci</i> (Calcaro, 1840)	M						* <i>Sphaerium</i> sp.				X		
* <i>Oxynoe olivacea</i> Rafinesque, 1814	M						SCAPHOPODA						
<i>Ovatella myosotis</i> (Draparnaud, 1801)			X		X	X	<i>Dentalium inaequicostatum</i> Dautzenberg, 1891	M	M		X	X	X
<i>Liriola pectinata</i> (Linné, 1758)		X											

COMPARAISON AVEC LES AUTRES LAGUNES MEDITERRANEENNES

Le nombre des espèces vivant en 1983 dans la lagune de Nador est comparable à celui des grands étangs des côtes méditerranéennes françaises. Dans le précédent inventaire (Saubade, 1979) était établie une comparaison avec quelques-uns de ces étangs.

C'est avec celui de Berre et celui de Thau, que les affinités étaient les plus marquées : 65 % des Mollusques marocains se retrouvaient à Berre et 50 % à Thau. En mai 1983, 60 % des espèces de Nador ont été signalées à Berre (Mars, 1966 ; Fèbvre, 1968 ; Chassefière et Levy, 1971) et 55 % à Thau (Salines, 1957 ; Dupuy, 1958 ; Mars, 1966). Si les proportions ont sensiblement évoluées, les conclusions, elles, restent identiques.

Ces chiffres pourraient faire croire que la lagune de Nador jouit d'un particularisme poussé, puisque 40 % des espèces y vivant lui semblent propres. En fait, par le jeu des espèces présentes à Berre et absentes à Thau et réciproquement, la proportion n'est que de 25 %, soit 39 espèces.

Sur ces 39 espèces, 18 étaient déjà connues de la lagune de Nador et 1 de la lagune sicilienne de Marsala (Mars, 1954) : *Cerithium rupestre*. Il en subsiste donc 20, citées ici pour la première fois en milieu lagunaire.

CONCLUSION

65 espèces de Mollusques avaient été recensées dans la lagune de Nador entre 1978 et 1983. La présente contribution en porte le nombre à 132, dont il faut cependant retrancher 16 espèces visiblement transportées et 3 de détermination incertaine, soit un total de 113 espèces.

Sur ces 113 espèces, 20 sont signalées ici pour la première fois dans une lagune méditerranéenne, et se sont au total 38 espèces qui semblent propres à la lagune de Nador; il s'agit pour la plupart de Mollusques vivant dans la zone I de confinement telle que l'ont définie Guélorget et Perthuisot (1983).

L'absence d'espèces, pourtant communes dans les étangs méditerranéens français, avait été constatée par Saubade (1979). Mes relevés tendent à confirmer ce fait, même si *Ostrea edulis* n'est pas totalement absente, mais limitée à la zone I de confinement. Par contre, *Mytilus galloprovincialis* est totalement inexistante et semble être remplacée par *Modiolus barbatus* à l'habitat semblable, très commune dans toute la lagune. L'absence de *M. galloprovincialis* semble liée à un problème biogéographique, l'espèce étant soit absente, soit de très petite taille (20-25 mm) dans cette région de la Méditerranée allant de Tanger à Alger (collection M.N.H.N. de Paris). La littérature consultée ne propose pas d'explication satisfaisante à cet état de fait.

Les espèces de Mollusques récoltées en 1983 confirment la carte de confinement établie par Guélorget *et al.* (1984).

L'augmentation de la richesse spécifique des Mollusques, entre 1978 et 1983, est à mettre en relation avec l'atténuation du confinement due à la réouverture de la Bokhana. Les espèces recueillies par Saubade (1979) indiquent que la lagune se trouvait alors en zone III de confinement, alors qu'en 1983, la majorité des fonds sont situés en zone II. Cette atténuation du confinement favorise, dans les zones I et II, une stabilité qui permet à des espèces plus sensibles aux variations du milieu de prospérer.

Ces observations montrent que l'étude des peuplements malacologiques, en milieu lagunaire méditerranéen, permet, avec fiabilité et rapidité, de suivre l'évolution du confinement sur une courte durée,

aussi bien que sur plusieurs millénaires, comme l'atteste le travail de Medhioub *et al.* (1987).

Les lagunes méditerranéennes ont une grande homogénéité dans leur peuplement faunistique et la plus occidentale d'entre elles, la lagune de Nador, après complément de l'inventaire des Mollusques, n'échappe pas à cette règle.

REMERCIEMENTS — Je remercie P. Lozouët, B.I.M.M. du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, pour son aide lors des prélèvements.

BIBLIOGRAPHIE

- ALONCLE A., 1961. La pêche dans la Mar Chica de Melilla. *Bull. Inst. Pêches Maroc*, 7 : 3-24.
- BRETHES J.C. et M. TESSON, 1978. Observations hydrologiques sur la Sebkhia Bou Areg. *Trav. Doc. Pêche Maroc*, 24 : 1-17.
- CHASSEFIERE B. et A. LEVY, 1971 : contribution à l'étude des cadoules de la lagune de Thau. *Vie Milieu*, 22 (1B) : 1-38.
- DUPOUY J., 1956. Contribution à l'étude écologique de la faune malacologique de l'étang des Eaux-Blanches (Les peuplements de Gastéropodes). *Vie Milieu*, 9(4) : 424-430.
- BRIMESCO P., 1961. La Mar Chica de Melilla. *Bull. Inst. Pêches Maroc*, 7 : 3-11.
- FEBVRE J., 1968. Etude bionomique des substrats meubles de l'étang de Berre. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 44(60) : 297-355.
- GUELORGET O. et J.P. PERTHUISOT, 1983. Le domaine paraliq. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Trav. Lab. Géol. E.N.S. Paris*, 16 : 1-136.
- GUELORGET O., FRISONI G.F., MONTI D. et J.P. PERTHUISOT, 1984. Contribution à l'étude hydrochimique, sédimentologique et biologique de la lagune de Nador. Rapport de mission FAO 1-82.
- MARS P., 1954. Faunules malacologiques des lagunes de Marsala, Ganzirri et Faro (Sicile). *Rapp. P.V. Comm. Int. Expl. Sci. Mer Médit.*, 12 : 225-226.
- MARS P., 1966. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Vie Milieu*, suppl. 20, 359 p.
- MEDHIOUB K., SAUBADE A.M., ZAOUALI J., GUELORGET O., PERTHUISOT J.P., 1987. Evolution paléogéographique de la Bahiret el Biban depuis 5 000 ans d'après les variations de la malacofaune fossile et quelques données géochimiques. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (8) t. III n°1 : 131-138.
- PERES J.M. et J. PICARD, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. trav. Stat. Mar. Endoume, Bull.*, 31 (47) : 243 p.
- SALINES G., 1957. Contribution à l'étude des lamellibranches de l'étang des Eaux Blanches. DES Univ. Montpellier, Fac. Sci., 125 p.
- SAUBADE A.M., 1979. La malacofaune actuelle de la lagune de Nador. *Bull. Inst. Géol. Bas. Aquit. Bordeaux*, 26 : 69-91.
- TESSON M., 1977. Régime hydrologique et hydrodynamisme de la Sebkhia Bou Areg. Bilan du printemps 1976. *Trav. Doc. Pêche Maroc*, 21 : 67 p.

Reçu le 10 juillet 1987; Received July 10, 1987
 Accepté le 26 janvier 1988; Accepted January 26, 1988

ASPECTS DU ZOOPLANCTON COTIER DE L'ILE DE RHODES (Mer Egée)

*Aspects of coastal zooplankton of the Rhodes island
(Aegean Sea, Greece)*

I. SIOKOU-FRANGOULOU et E. PAPATHANASSIOU

Centre National de Recherches Marines
Ag. Kosmas, GR-166 04, Hellinikon,
Athènes, Grèce

ZOOPLANCTON COTIER
RHODES
MER EGEE-SUD

RÉSUMÉ — Le Zooplancton des eaux côtières de l'île de Rhodes (Mer Egée-sud) est étudié sur des échantillons saisonniers récoltés par trait vertical. Les densités se révèlent basses, ne dépassant pas 650 ind/m³ ou 6 500 ind/m². La composition spécifique est riche avec des valeurs de l'indice de diversité élevées; elle se caractérise par l'abondance des Copépodes, principalement *Oithona plumifera*, *Clausocalanus furcatus*, *Oncaea media* et *Oncaea mediterranea*. Un caractère pélagique et subtropical est attribué au zooplancton côtier de la région étudiée. Ce caractère peut être dû à la grande ouverture de la région vers la haute mer et aux influences de la Mer Egée et de la Mer du Levant.

COASTAL ZOOPLANKTON
RHODES
S. AEGEAN SEA

ABSTRACT — The zooplankton fauna distribution of the NE coastal region of Rhodes island (SE Aegean Sea) was studied seasonally using samples collected by vertical hauls. The density of zooplankton in this area was low with a maximum value of 650 individuals/m³ or 6 500 ind./m². The specific composition was rich and characterised by the abundance of copepods, namely the species *Oithona plumifera*, *Clausocalanus furcatus*, *Oncaea media* and *Oncaea mediterranea*. High diversity index values were observed. The coastal zooplankton of the region under investigation seem to have a pelagic and subtropical character. This could be accounted for by the neighbouring of the region to the open sea, and by the influence of the Aegean and the Levantine Seas.

INTRODUCTION

L'archipel des Dodekanèses (Méditerranée orientale) est intéressant à étudier en raison des influences qu'il subit, d'une part de la mer Egée, d'autre part de la mer du Levant (Pollak, 1951). La mer Egée reçoit des eaux superficielles à salinité basse (22 ppt) de la mer Noire par le détroit des Dardanelles, ainsi que des eaux intermédiaires à haute salinité de la mer du Levant par les détroits de Rhodes et de Karpathos (Lacombe *et al.*, 1958). D'ailleurs une formation d'eau profonde doit avoir lieu au NE de la Crète (Ovchinnikov, 1976).

En raison de ces mouvements des masses d'eaux, le zooplancton de la mer Egée-sud présente une certaine ressemblance avec celui de la mer du Levant, ainsi que des caractères intermédiaires entre

la mer Egée nord et le reste de la Méditerranée (Furnestin, 1979). Des études du zooplancton de la mer Egée-sud, ou de la mer du Levant, contenant même quelques stations près de l'île de Rhodes, ont été réalisées par Pavlova (1966), Delalo (1966), Pasteur *et al.* (1976), Moraitou-Apostolopoulou (1973) et Kiortsis (1974).

Il nous a paru intéressant d'étudier le zooplancton des eaux côtières d'une région subissant ces diverses influences; tel est le cas de l'île de Rhodes.

MATERIEL ET METHODES

4 campagnes océanographiques effectuées en août 1983, novembre 1983, février et mai 1984, pendant les 4 saisons. Echantillons de zooplancton

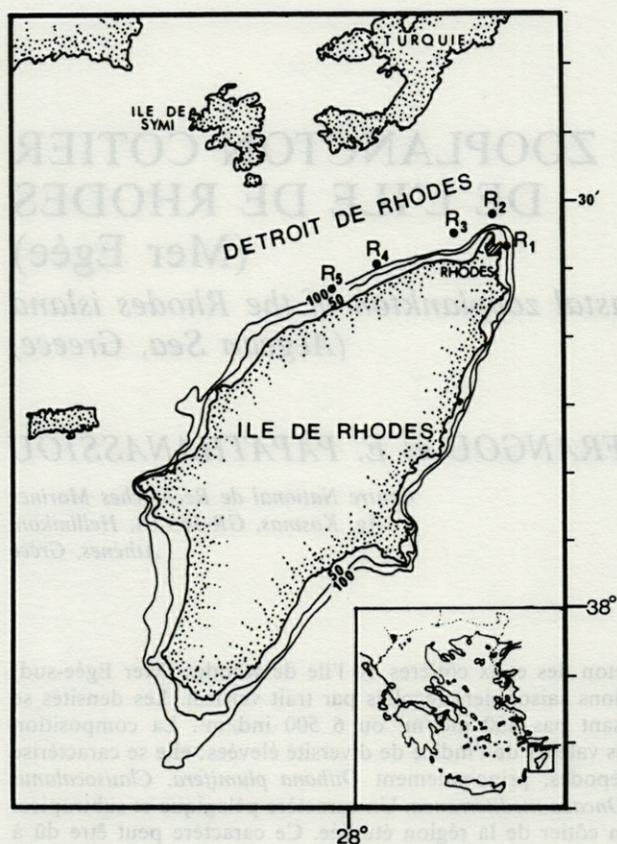


Fig. 1. — Localisation des stations de la région côtière de l'île de Rhodes.

Station location in the coastal area of Rhodes island.

récoltés en 5 stations localisées sur les côtes nord et nord-est de l'île de Rhodes, et dont la profondeur varie entre 50 et 350 m (Fig. 1). Pêches par traits verticaux du fond à la surface, avec un filet WP-2 de 200 μm d'ouverture de maille. Echantillons d'eau pris simultanément pour la mesure des paramètres physiques (salinité), chimiques (sels nutritifs, oxygène dissous) et biologiques (dosage de chlorophylle). Mesures de la température de l'eau par des thermomètres à renversement et mesures de la transparence de l'eau par l'intermédiaire du disque Secchi. Indice de diversité (H) calculé selon la formule de Shannon-Weaver et coefficient de dominance δ_2 selon la formule :

$$\delta_2 = 100 \frac{(n_1 + n_2)}{N} \quad \text{où } n_1 \text{ et } n_2$$

représentent les effectifs des 2 principales espèces et N le nombre total d'individus de l'échantillon. Comparaison de la composition spécifique du zooplancton entre les 5 stations par le calcul du coefficient de corrélation de Spearman corrigé pour des cas *ex aequos* (Siegel, 1956). Même coefficient calculé pour comparer la composition spécifique entre les mois.

RESULTATS

1. Description du milieu

Les mesures des paramètres physiques révèlent de hautes valeurs de température, de salinité et de transparence de l'eau (Georgopoulos, comm.pers.). En fait, la température superficielle varie entre 17,6°C (février) et 26,4°C (août) tandis qu'au-dessous de la thermocline, la température est toujours supérieure à 14,7°C. La salinité ne varie pas sensiblement dans le temps, restant aux environs de 39 ppt pour toutes les stations étudiées. L'eau est transparente : mesures du disque Secchi de 30 à 45 m.

Au contraire, la teneur des eaux en sels nutritifs et pigments chlorophylliens (entre 0,04 et 0,4 $\mu\text{g.at/l}$) est très basse, mais les eaux semblent être bien oxygénées (plus de 90%) (Karydis, comm.pers.). Toutes ces mesures indiquent un caractère de « haute mer » et une tendance subtropicale de la région côtière de l'île de Rhodes.

2. Zooplancton

Les variations spatiotemporelles saisonnières de la densité du zooplancton (exprimée en nombre d'individus par m^3) (Fig. 2), ne sont pas synchrones pour l'ensemble des stations. Ainsi pour les stations R1, R2, R3 et R5, une chute de la densité maximale zooplanctonique s'observe d'août à novembre, tandis qu'une variation inverse a lieu pour la station R4. Pour les saisons suivantes les variations sont moins importantes. La station la plus profonde (R2, à 350 m) présente en moyenne les plus basses densités, en raison de la diminution du zooplancton avec la profondeur (Scotto di Carlo *et al.*, 1984).

Quant à la composition du zooplancton, les variations des fréquences relatives des différents groupes sont amplifiées (Tabl. I). Un fait remarquable à signaler est l'importance des Copépodes au sein du plancton de la région; leurs fréquences oscillent entre 65 % et 85 %.

La composition spécifique des Copépodes est riche, avec 85 espèces (Tabl. II) et se caractérise par un nombre limité d'individus par espèce. Il en résulte des valeurs de diversité variant entre 3,5 et 4,58 bit/indiv. et des basses valeurs de coefficient de dominance (Tabl. III). Les stations de plus grande profondeur révèlent les plus hautes valeurs de l'indice de diversité.

Le peuplement de base des eaux côtières de Rhodes se compose de 4 espèces, présentes dans tous les prélèvements en nombre assez important : *Oithona plumifera*, *Clausocalanus furcatus*, *Oncaea mediterranea* et *Mecynocera clausi*.

En août, les espèces abondantes à la station R1 sont, par ordre de fréquence : *C. furcatus*, *O. plu-*

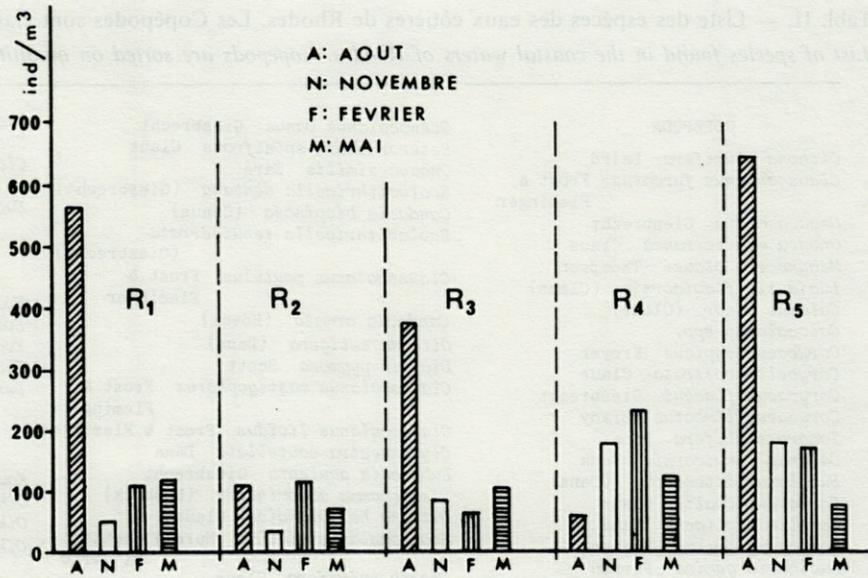


Fig. 2. — Distribution saisonnière de la densité du zooplancton (ind./m³).

Seasonal distribution of zooplankton density (ind./m³).

mifera, *O. mediterranea*, *Oncaea media* et *M. clausi*. Aux stations profondes (R2 et R3) *O. plumifera* prédomine, tandis qu'aux stations R4 et R5, *O. media* est l'espèce la plus abondante (Fig. 3, tabl. IV).

En novembre, aux stations R1, R4 et R5, *C. furcatus* est plus abondante que *O. plumifera*, *O. mediterranea*, *M. clausi* et *Lucicutia flavicornis*, mais aux stations profondes (R2 et R3), *O. plumifera* et *O. mediterranea* prédominent.

En février, la prédominance de *O. plumifera* a été nette dans toutes les stations; la fréquence des autres espèces abondantes a varié dans l'espace. Une distribution semblable a été observée en mai, sauf pour la station R1 où *C. furcatus* est plus abondante que les autres.

Les autres espèces à fréquence relative moyennement importante (*Calocalanus* spp., *Calanus minor*, *Corycaeus typicus*, *Corycaeus limbatus*, *Corycella rostrata*) ne présentent pas de variations sensibles, en dehors de *Temora stylifera* devenue rare ou même absente en février et en mai (Tabl. IV). Certains Copépodes sont toujours présents mais en nombre d'individus limité. Tel est le cas de : *Acartia negligens*, *Calanus tenuicornis*, *Calocalanus pavo*, *Centropages violaceus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Ctenocalanus vanus*, *Corycaeus flaccus*, *Corycaeus clausi*, *Corycaeus brehmi*, *Euaetideus giesbrechti*, *Euchaeta marina*, *Lubbockia squillmana*, *Scolecithrix bradyi* et *Scolecithricella dentata*.

Les coefficients de corrélation de Spearman, calculés en groupant les stations pour chaque cam-

Tabl. I. — Variations des fréquences relatives (%) des différents groupes. Relative frequency (%) variations of different systematic groups.

MOIS	A O U T					N O V E M B R E					F E V R I E R					M A I					
	STATIONS					STATIONS					STATIONS					STATIONS					
GROUPES	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	
COPEPODES	74.02	75.19	79.14	77.40	83.41	80.27	77.50	81.33	79.90	84.96	68.05	78.86	76.80	81.40	64.80	65.58	77.90	74.09	74.80	83.50	
CLADOCERES	1.79	1.00	1.50	0.48	0.79	0.54				0.28	1.20	0.07		0.30	0.70				0.43	0.85	1.70
OSTRACODES	4.04	7.17	5.87	9.03	4.08	0.67	7.08	5.29	1.62	2.55	5.81	4.41	3.49	3.45	0.70	2.09	5.56	7.53	3.46	1.70	
AMPHIPODES	0.17	0.07	0.03	0.67	0.11		0.57		0.36		0.35	0.13	0.73	0.46		0.09	0.19	0.20	0.33	0.40	
APPENDICULAIRES	3.11	1.56	3.40	2.50	2.78	1.89	2.30	2.53	6.75	2.26	5.66	5.04	5.11	3.60	13.10	1.04	4.54	5.62	8.85	0.40	
SIPHONOPHORES	5.01	2.48	0.83	1.25	1.47	7.02	1.14	1.84	1.17	1.56	4.39	1.93	2.02	0.70	6.45	3.81	3.36	3.86	2.79	3.80	
CHAETOGNATHES	5.35	8.74	6.50	4.23	4.37	5.54	4.90	5.87	8.28	4.53	10.70	5.70	3.85	4.60	4.06	2.09	3.33	2.49	2.74	2.70	
MOLLUSQUES	3.72	0.85	0.90	2.11	0.79	0.54	2.50	0.46	0.18	0.28	0.56	0.13	0.99	0.70	1.19	0.47	1.28	1.37	1.05	0.20	
MEDUSES	0.32	0.14	0.16	0.09	0.21	0.13			0.09	0.14	0.50	0.55	0.23		0.20		0.39	0.26	0.33		
DOLIOLES	0.11	0.07			0.11	0.27		0.23			0.35		0.02	0.10	0.47		0.14	0.46	0.43		
SALPES			0.03								0.50	0.20	0.11		2.80	0.09	0.32	0.46	1.44	1.10	
LARVES DES CRUSTACES	1.18	0.21	0.83	0.48	0.96	2.97	0.30	1.15	0.90	1.12	1.20	1.17	2.26	2.80	3.50	22.97	1.87	1.20	1.92	3.30	
ICHTHYOPLANCTON	0.47	0.28	0.36	0.28	0.39		0.30		0.36		0.14	0.41	0.47	0.20		1.23	0.19	0.02	0.14	0.40	
LARVES DES CIRRIPEDES				0.19																	
LARVES DES POLYCHETES	0.51	0.56	0.26	0.57	0.33	0.13	1.91	0.69	0.36	1.40	0.42	0.75	1.58	2.07	0.70	0.28	0.96	1.26	0.48	0.20	
LARVES DES ECHINODERMES	0.06				0.05						0.14		0.05			0.09		0.03			

Tabl. II. — Liste des espèces des eaux côtières de Rhodes. Les Copépodes sont classés par ordre quantitatif décroissant.
List of species found in the coastal waters of Rhodes. Copepods are sorted on quantitative descending order.

COPEPODA		
<i>Oithona plumifera</i> Baird	<i>Ctenocalanus vanus</i> Giesbrecht	<i>Eucalanus elongatus</i> Dana
<i>Clausocalanus furcatus</i> Frost & Fleminger	<i>Heterorhabdus spinifrons</i> Claus	<i>Scolecithricella vittata</i> Giesbrecht
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht	<i>Oncaea similis</i> Sars	<i>Clausocalanus parapergens</i> Frost & Fleminger
<i>Oncaea mediterranea</i> Claus	<i>Scolecithricella dentata</i> (Giesbrecht)	<i>Eucalanus crassus</i> (Giesbrecht)
<i>Mecynocera clausi</i> Thompson	<i>Candacia bispinosa</i> (Claus)	
<i>Lucicutia flavicornis</i> (Claus)	<i>Scolecithricella tenuiserrata</i> (Giesbrecht)	CLADOCERA
<i>Calanus minor</i> (Claus)	<i>Clausocalanus paululus</i> Frost & Fleminger	<i>Evadne spinifera</i> Muller
<i>Calocalanus</i> spp.	<i>Candacia armata</i> (Boeck)	<i>Evadne tergestina</i> Claus
<i>Corycaeus typicus</i> Kroyer	<i>Oithona setigera</i> (Dana)	<i>Evadne nordmanni</i> Loven
<i>Corycella rostrata</i> Claus	<i>Diatrix pygmoea</i> Scott	<i>Podon polyphemoides</i> Leuckart
<i>Corycaeus flaccus</i> Giesbrecht	<i>Clausocalanus mastigophorus</i> Frost & Fleminger	<i>Penilia avirostris</i> Dana
<i>Corycaeus limbatus</i> Brady	<i>Clausocalanus lividus</i> Frost & Fleminger	APPENDICULARIA
<i>Temora stylifera</i> Dana	<i>Clytemnestra scutellata</i> Dana	<i>Kowalevskia oceanica</i> Lochmann
<i>Calanus tenuicornis</i> Dana	<i>Lubbockia aculeata</i> Giesbrecht	<i>Oikopleura dioica</i> Fol
<i>Eucalanus attenuatus</i> (Dana)	<i>Pleuromamma abdominalis</i> (Lubbock)	<i>Oikopleura cophocerca</i> (Gegenbaur)
<i>Corycaeus ovalis</i> Claus	<i>Oithona helgolandica</i> Claus	<i>Oikopleura graciloides</i> Lohmann & Buckmann
<i>Acartia negligens</i> Dana	<i>Scaphocalanus similis</i> Hure & Scotto di Carlo	<i>Oikopleura fusiformis</i> Fol
<i>Corycaeus brehmi</i> Steuer	<i>Phaena spinifera</i> Claus	<i>Oikopleura longicauda</i> Vort
<i>Lucicutia gemina</i> Farran	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)	<i>Oikopleura albicans</i> (Leuckart)
<i>Lucicutia ovalis</i> Wolfenden	<i>Oncaea subtilis</i> Giesbrecht	<i>Fritillaria pellucida</i> Buch
<i>Corycaeus clausi</i> Dahl	<i>Xanthocalanus agilis</i> Giesbrecht	<i>Fritillaria borealis</i> Lochmann
<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea)	<i>Candacia longimana</i> (Claus)	<i>Fritillaria formica</i> Fol
<i>Corycaeus giesbrechti</i> Dahl	<i>Clytemnestra rostrata</i> (Brady)	<i>Fritillaria messanensis</i> Lochmann
<i>Calanus gracilis</i> Dana	<i>Euchaeta acuta</i> Giesbrecht	<i>Megalocercus abyssorum</i> Chun
<i>Calocalanus pavo</i> (Dana)	<i>Pontellina plumata</i> (Dana)	
<i>Centropages violaceus</i> Claus	<i>Oncaea minuta</i> Giesbrecht	SIPHONOPHORA
<i>Clausocalanus arcuicornis</i> Frost & Fleminger	<i>Oithona nana</i> Giesbrecht	<i>Hippododius hippopus</i> Forskal
<i>Corycaeus furcifer</i> Claus	<i>Candacia simplex</i> (Giesbrecht)	<i>Lensia conoidea</i> Kef. & Ehlers
<i>Aetideus armatus</i> (Boeck)	<i>Euchirella rostrata</i> (Claus)	<i>Lensia subtilis</i> (Chur.)
<i>Euaetideus giesbrechti</i> Cleve	<i>Sapphirina</i> spp.	<i>Eudoxoides spiralis</i> Bigelow
<i>Oncaea confusa</i> Giesbrecht	<i>Microsetella rosea</i> (Dana)	<i>Diphyes dispar</i> Cham & Eysenhard
<i>Heterorhabdus papilliger</i> (Claus)	<i>Candacia simplex</i> (Giesbrecht)	<i>Muggiaea kochi</i> (Will)
<i>Paracalanus denudatus</i> Sewell	<i>Calanus helgolandicus</i> Claus	<i>Chelophyes appendiculata</i> Eschscholtz
<i>Pleuromamma gracilis</i> (Claus)	<i>Calocalanus styliremis</i> Giesbrecht	<i>Abylopsis tetragona</i> Otto
<i>Centropages typicus</i> Kroyer	<i>Arietellus setosus</i> Giesbrecht	<i>Bassia bassiensis</i> Quoy & Gaimard
<i>Clausocalanus jobei</i> Frost & Fleminger	<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht	<i>Sphaeronectes gracilis</i> Claus
<i>Lubbockia squillimana</i> Claus	<i>Candacia bipinnata</i> Giesbrecht	<i>Sphaeronectes irregularis</i> Claus
<i>Corycaeus latus</i> Dana	<i>Euchaeta hebes</i> Giesbrecht	
<i>Lucicutia clausi</i> (Giesbrecht)	<i>Istias clavipes</i> Boeck	
<i>Candacia aethiopia</i> (Dana)	<i>Macrosetella gracilis</i> (Dana)	

pagne, variant entre 0,6506 et 0,8249 en août, entre 0,9181 et 0,5376 en novembre, entre 0,7166 et 0,5592 en février et entre 0,8468 et 0,6258 en mai. Aucune différence significative ne paraît exister entre les stations. Le même coefficient calculé pour comparer la composition spécifique entre mois, varie entre 0,7124 et 0,4900, et aucune différence significative n'est constatée entre les 4 campagnes.

Parmi les autres groupes, la présence des Ostracodes, des Appendiculaires, des Chaetognathes et des Siphonophores est importante, mais sans fluctuations significatives (Tabl. I). Les espèces de Siphonophores au plus grand nombre d'individus sont *Eudoxoides spiralis* et *Bassia bassiensis*; *Lensia subtilis* et *Chelophyes appendiculata* sont en nombre moyen, tandis que la présence d'autres espèces reste rare et sporadique (Tabl. II). Quant aux Appendiculaires, parmi les 11 espèces reconnues, *Oikopleura longicauda*, *O. graciloides* et *O. fusiformis* sont les plus nombreux à l'exception des échantillons de février où la fréquence relative de *Fritillaria pel-*

lucida, *F. borealis* et *Oikopleura cophocerca* est importante.

Les Mollusques sont représentés en nombre limité, par les Ptéropodes *Creseis virgula*, *C. acicula*, *Limacina* spp. et par les Hétéropodes *Pterotrachea* sp., *Atlanta* sp. et *Firola* sp. Les Cladocères, les Dolioles et les Salpes sont rares; *Thalia democratica*, unique espèce rencontrée parmi les Salpidae, révèle une certaine présence en mai. A plus haute température, en août, les Cladocères atteignent leur fréquence maximale (1,8 %) et les espèces présentes dans toutes les stations sont *Evadne spinifera* et *E. tergestina*. Signalons la présence de quelques individus de *Podon polyphemoides*, *Evadne nordmanni* et *Penilia avirostris*.

De même, le méroplancton s'est révélé pauvre, représenté par des larves de Cirripèdes, des Polychètes, des Mollusques et des Echinodermes. Seules, les larves de Crustacés sont rencontrées en nombre important, arrivant même jusqu'à 23 % du peuplement en mai à la station R1.

Tabl. III. — Variations de l'indice de diversité et du coefficient de dominance.

Variations of the diversity index and the dominance coefficient (H = diversity index, c2 = dominance coefficient).

STATIONS	AOUT		NOVEMBRE	
R1	<i>C. furcatus</i> δ2= 1.37% <i>O. plumifera</i> H= 4.3		<i>C. furcatus</i> δ2= 25.3% <i>O. plumifera</i> H= 3.58	
R2	<i>O. plumifera</i> δ2= 9.67% <i>On. mediterranea</i> H= 4.49		<i>On. mediterranea</i> δ2= 11.5% <i>O. plumifera</i> H= 4.40	
R3	<i>O. plumifera</i> δ2= 13.9% <i>On. mediterranea</i> H= 4.40		<i>O. plumifera</i> δ2= 11.9% <i>Calocalanus spp.</i> H= 4.58	
R4	<i>On. media</i> δ2= 34.0% <i>On. mediterranea</i> H= 3.84		<i>C. furcatus</i> δ2= 18.3% <i>O. plumifera</i> H= 3.97	
R5	<i>On. media</i> δ2= 17.6% <i>C. furcatus</i> H= 3.95		<i>C. furcatus</i> δ2= 17.5% <i>O. plumifera</i> H= 4.32	

STATIONS	FEVRIER		MAI	
R1	<i>O. plumifera</i> δ2= 29.8% <i>C. furcatus</i> H= 3.64		<i>C. furcatus</i> δ2= 29.5% <i>O. plumifera</i> H= 3.62	
R2	<i>O. plumifera</i> δ2= 8.7% <i>L. flavicornis</i> H= 4.21		<i>O. plumifera</i> δ2= 12.7% <i>C. furcatus</i> H= 3.94	
R3	<i>O. plumifera</i> δ2= 33.7% <i>On. mediterranea</i> H= 3.81		<i>O. plumifera</i> δ2= 8.1% <i>On. mediterranea</i> H= 4.46	
R4	<i>O. plumifera</i> δ2= 30.6% <i>L. flavicornis</i> H= 3.81		<i>O. plumifera</i> δ2= 6.6% <i>C. furcatus</i> H= 4.54	
R5	<i>O. plumifera</i> δ2= 13.2% <i>On. mediterranea</i> H= 4.19		<i>O. plumifera</i> δ2= 29.2% <i>C. minor</i> H= 3.89	

DISCUSSION

Les paramètres physiques mesurés près des côtes nord-est de l'île de Rhodes, lui attribuent un caractère subtropical, tel qu'il est signalé pour la mer Egée sud par Furnestin (1977). D'ailleurs la présence d'espèces rencontrées dans des eaux chaudes, comme les Hétéropodes *Atlanta sp.*, *Pterotrachea sp.* et *Firola sp.*, ou dans des eaux salées comme les Ptéropodes du genre *Creseis sp.* renforce la tendance subtropicale du zooplancton de la région (Kimor & Wood, 1975). D'après les mêmes auteurs les mers tropicales, comme la mer du Levant, sont caractérisées par l'absence des espèces qui atteignent une dominance complète dans le plancton et par la grande variabilité du plancton. Dans la région étudiée, les basses valeurs du coefficient de dominance et les hautes valeurs de l'indice de diversité, confirment ce caractère.

D'autre part, la teneur des eaux en sels nutritifs et les basses valeurs de chlorophylle *a*, suggèrent une région oligotrophe, ce qui se reflète par les faibles densités de zooplancton, qui ne dépassent pas 650 ind./m³. Selon Moraitou-Apostolopoulou (1985), la densité zooplanctonique de la mer Egée-sud varie entre 500 et 1 000 ind./m³, tandis que les eaux côtières du golfe Saronikos (proche de la mer Egée sud) montrent des densités comprises entre 400 et 2 000 ind./m³ (Siokou-Frangou et Anagnostaki, 1985). Cette pauvreté apparaît plus nettement à la station profonde R2 où la rareté du zooplancton au-dessous de 200 m (Scotto di Carlo *et al.*, 1984)

Tabl. IV — Fluctuations des fréquences relatives (%) des 12 Copépodes abondants.

Frequency fluctuations of twelve abundant copepods.

ESPECES / STATIONS	AOUT					NOVEMBRE				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
<i>Oithona plumifera</i>	5.31	5.52	7.59	1.05	7.58	9.32	5.59	7.69	8.73	7.40
<i>Clausocalanus furcatus</i>	8.39	3.39	5.35	2.98	7.85	15.94	1.72	1.93	9.58	10.13
<i>Oncaea mediterranea</i>	4.31	4.15	6.34	15.33	5.77	0.94	5.90	3.77	4.10	3.71
<i>Oncaea media</i>	4.38	1.81	6.11	18.75	9.78	0.13	-	0.04	0.02	-
<i>Mecynocera clausi</i>	1.59	0.90	2.72	0.19	1.93	4.45	1.80	4.21	3.02	5.04
<i>Lucicutia flavicornis</i>	0.23	1.33	2.02	0.43	0.20	0.81	3.10	2.48	2.07	1.98
<i>Calanus minor</i>	0.96	0.59	2.54	2.21	1.25	-	0.57	2.51	0.81	2.69
<i>Calocalanus spp.</i>	1.26	0.86	2.29	1.30	3.34	1.22	0.23	4.24	1.24	1.16
<i>Corycaeus typicus</i>	0.34	0.25	0.27	2.98	0.71	1.48	2.79	1.08	0.49	0.54
<i>Corycella rostrata</i>	2.19	0.32	1.63	3.17	-	1.35	0.15	2.21	0.63	0.25
<i>Corycaeus flaccus</i>	0.24	1.61	1.51	0.14	-	-	0.57	3.08	2.80	2.38
<i>Corycaeus limbatus</i>	0.57	1.48	0.45	1.25	0.35	0.13	0.65	1.52	0.86	1.04

ESPECES / STATIONS	FEVRIER					MAI				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
<i>Oithona plumifera</i>	19.63	5.03	24.39	17.00	9.38	13.72	7.03	5.33	3.99	15.90
<i>Clausocalanus furcatus</i>	10.20	0.21	0.53	0.90	0.90	15.73	5.72	2.60	2.60	2.60
<i>Oncaea mediterranea</i>	1.13	1.77	9.31	2.04	3.82	3.24	1.59	2.81	2.06	5.50
<i>Oncaea media</i>	0.92	0.97	0.41	0.18	3.16	0.57	0.75	2.08	1.10	6.10
<i>Mecynocera clausi</i>	5.88	1.06	5.49	1.42	2.69	3.14	0.98	0.99	1.41	3.60
<i>Lucicutia flavicornis</i>	2.12	3.72	9.25	1.36	1.01	-	0.64	0.94	0.58	1.50
<i>Calanus minor</i>	0.07	0.19	0.62	0.05	0.42	1.81	1.70	1.26	1.99	13.20
<i>Calocalanus spp.</i>	0.35	0.49	0.85	0.37	0.96	0.19	0.36	0.19	0.07	0.15
<i>Corycaeus typicus</i>	0.99	0.24	1.08	0.02	0.51	0.86	0.51	0.69	1.05	3.70
<i>Corycella rostrata</i>	0.14	-	0.03	0.04	0.33	0.28	0.41	1.12	0.36	-
<i>Corycaeus flaccus</i>	0.07	0.15	0.12	0.11	0.24	0.19	0.13	0.13	0.02	0.05
<i>Corycaeus limbatus</i>	1.13	0.04	0.50	0.48	0.95	0.28	0.15	0.15	0.09	0.20

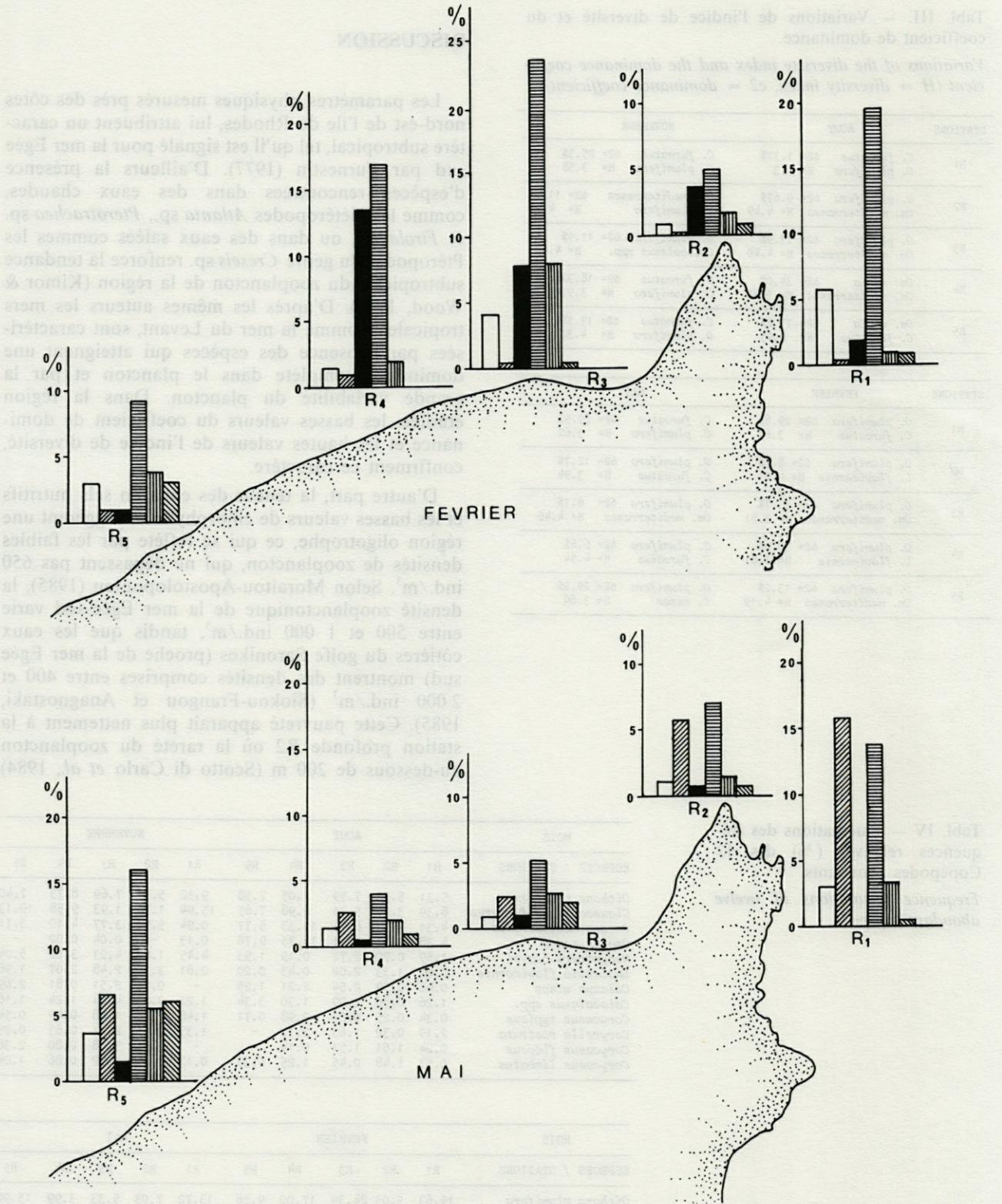
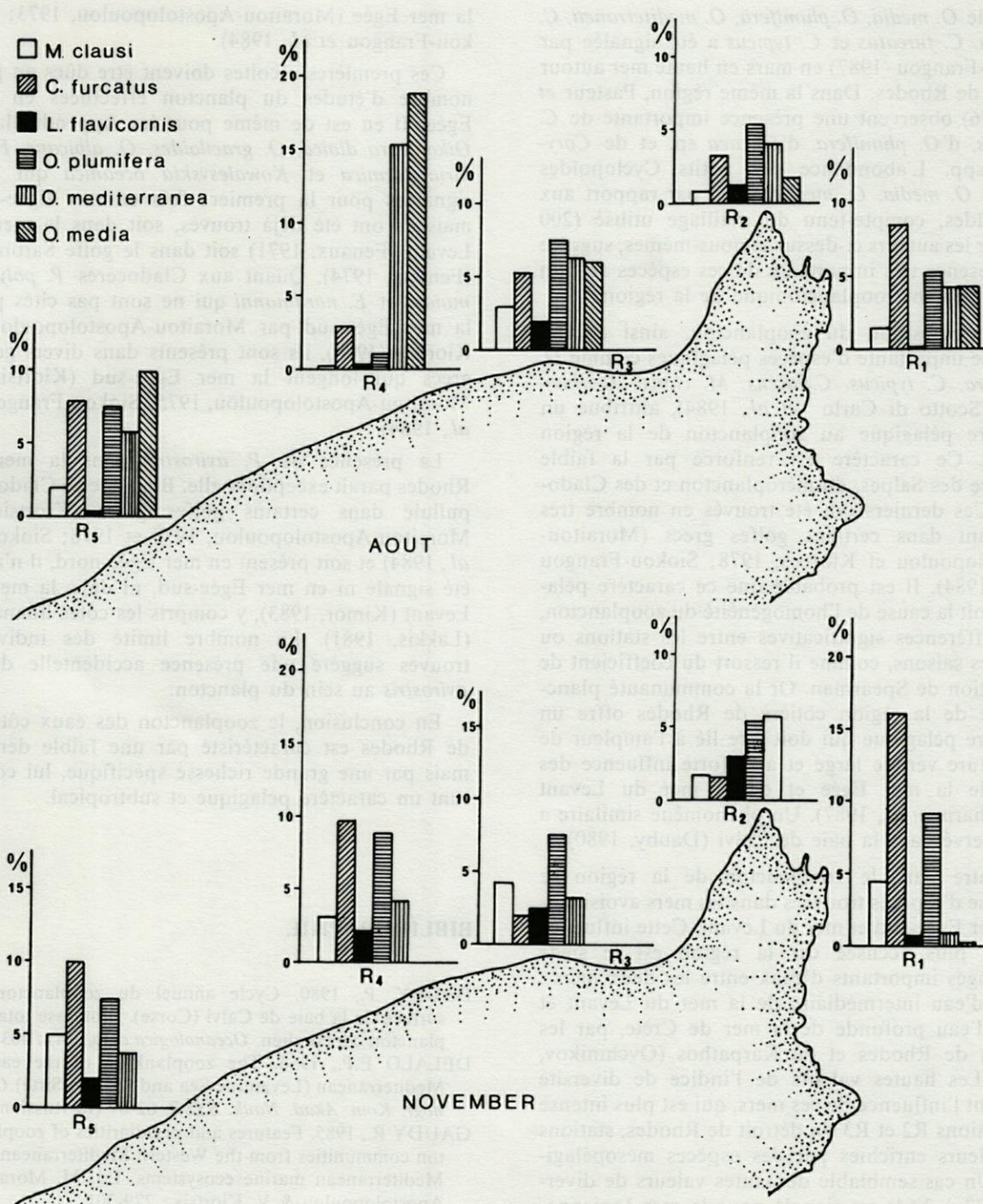


Fig. 3. — Fluctuations des fréquences relatives (%) des principales espèces de Copépodes.
 Variations of the relative frequency (%) of the most abundant copepod species.



contribue à une baisse de la valeur intégrée. Des études plus récentes du zooplancton de la haute mer autour de l'île de Rhodes révèlent des valeurs de densité encore plus basses (Pancucci-Papadopoulou & Anagnostaki, 1987).

La composition spécifique du zooplancton de la région ne semble pas se différencier, ni d'une station à l'autre, ni d'une saison à l'autre. Elle est identique à celle observée en mer Egée-sud par Moraitou-Apostolopoulou (1973), Malouhou-Grimba (1984) et

Fenaux (1971) ainsi qu'à celle de haute mer autour de l'île rapportée par Siokou-Frangou (1987). Moraitou-Apostolopoulou (1973) a trouvé en abondance *O. plumifera* et *C. furcatus* dans la région de Rhodes; les espèces *M. clausi*, *L. flavicornis* et *O. mediterranea* sont citées comme communes en mer Egée-sud. D'ailleurs l'auteur note la présence estivale en nombre limité de *T. stylifera* dans la région, mais une fréquence plus élevée de *C. typicus* et *C. limbatus* par rapport à l'ensemble de la mer Egée-sud. L'abon-

dance de *O. media*, *O. plumifera*, *O. mediterranea*, *C. rostrata*, *C. furcatus* et *C. typicus* a été signalée par Siokou-Frangou (1987) en mars en haute mer autour de l'île de Rhodes. Dans la même région, Pasteur *et al.* (1976) observent une présence importante de *C. furcatus*, d'*O. plumifera*, d'*Oncaea* sp. et de *Corycaeus* spp. L'abondance des petits Cyclopoïdes comme *O. media*, *O. mediterranea* par rapport aux Calanoïdes, compte-tenu du maillage utilisé (200 µm) par les auteurs ci-dessus et nous-mêmes, suggère une présence très importante de ces espèces au sein du peuplement zooplanctonique de la région.

La composition du zooplancton, ainsi qu'une présence importante d'espèces pélagiques comme *O. plumifera*, *C. typicus*, *C. flaccus*, *M. clausi*, *L. flavicornis* (Scotto di Carlo *et al.*, 1984), attribue un caractère pélagique au zooplancton de la région étudiée. Ce caractère est renforcé par la faible présence des Salpes, du méroplancton et des Cladocères. Ces derniers ont été trouvés en nombre très important dans certains golfes grecs (Moraitou-Apostolopoulou et Kiortsis, 1978; Siokou-Frangou *et al.*, 1984). Il est probable que ce caractère pélagique soit la cause de l'homogénéité du zooplancton, sans différences significatives entre les stations ou entre les saisons, comme il ressort du coefficient de corrélation de Spearman. Or la communauté planctonique de la région côtière de Rhodes offre un caractère pélagique qui doit être lié à l'ampleur de l'ouverture vers le large et à la forte influence des eaux de la mer Egée et de la mer du Levant (Theocharis *et al.*, 1987). Un phénomène similaire a été observé dans la baie de Calvi (Dauby, 1980).

D'autre part, le zooplancton de la région se compose d'espèces trouvées dans les mers avoisinantes : mer Egée-sud et mer du Levant. Cette influence devient plus accusée car la région est le siège d'échanges importants d'eaux entre les deux mers : entrée d'eau intermédiaire de la mer du Levant et sortie d'eau profonde de la mer de Crète, par les détroits de Rhodes et de Karpathos (Ovchinikov, 1976). Les hautes valeurs de l'indice de diversité prouvent l'influence de ces mers, qui est plus intense aux stations R2 et R3 du détroit de Rhodes, stations par ailleurs enrichies par des espèces mésopélagiques. Un cas semblable de hautes valeurs de diversité (3,27 à 3,64) est signalé pour la mer Ionienne-sud, où convergent les influences de l'Adriatique, de la mer du Levant et de l'Atlantique (Furnestin, 1979).

Parmi les espèces recueillies, quelques-unes sont signalées pour la première fois en mer Egée-sud et pour la Méditerranée orientale. Les Copépodes *Arietellus setosus* et *Scaphocalanus similis* n'ont pas été cités en Méditerranée orientale (Kovalev et Shmeleva, 1982), tandis que *Candacia armata*, *Clausocalanus mastigophorus*, *C. lividus*, *C. jobei* et *C. paragergens* n'ont pas été récoltés en mer Egée-sud, mais leur présence est signalée dans les golfes qui longent

la mer Egée (Moraitou-Apostolopoulou, 1973; Siokou-Frangou *et al.*, 1984).

Ces premières récoltes doivent être dûes au petit nombre d'études du plancton effectuées en mer Egée. Il en est de même pour les Appendiculaires *Oikopleura dioica*, *O. graciloides*, *O. albicans*, *Fritillaria formica* et *Kowalesvskia oceanica* qui sont signalées pour la première fois en mer Egée-sud, mais ils ont été déjà trouvés, soit dans la mer du Levant (Fenaux, 1971) soit dans le golfe Saronikos (Fenaux, 1974). Quant aux Cladocères *P. polyphemoides* et *E. nordmanni* qui ne sont pas cités pour la mer Egée-sud par Moraitou-Apostolopoulou et Kiortsis (1974), ils sont présents dans divers golfes grecs qui longent la mer Egée-sud (Kiortsis et Moraitou-Apostolopoulou, 1975; Siokou-Frangou *et al.*, 1984).

La présence de *P. avirostris* dans la mer de Rhodes paraît exceptionnelle. Bien que ce Cladocère pullule dans certains golfes grecs (Kiortsis et Moraitou-Apostolopoulou, 1975 et 1978; Siokou *et al.*, 1984) et soit présent en mer Egée-nord, il n'avait été signalé ni en mer Egée-sud, ni dans la mer du Levant (Kimor, 1983), y compris les côtes libanaises (Lakkis, 1981). Le nombre limité des individus trouvés suggère une présence accidentelle de *P. avirostris* au sein du plancton.

En conclusion, le zooplancton des eaux côtières de Rhodes est caractérisé par une faible densité, mais par une grande richesse spécifique, lui conférant un caractère pélagique et subtropical.

BIBLIOGRAPHIE

- DAUBY, P., 1980. Cycle annuel du zooplancton de surface de la baie de Calvi (Corse). Biomasse totale et plancton copépodien. *Oceanologica acta*, 3(4) : 403-407.
- DELAHO E.P., 1966. The zooplankton of the eastern Mediterranean (Levantine Sea and Gulf of Sirte). *Okeanogr. Kom. Akad. Nauk. SSSR*, 62-81 (in Russian).
- GAUDY R., 1985. Features and peculiarities of zooplankton communities from the Western Mediterranean. In : Mediterranean marine ecosystems. Ed. M. Moraitou-Apostolopoulou & V. Kiortsis : 279-301.
- FENAUX R., 1971. Sur les Appendiculaires de la Méditerranée orientale. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 42(6) : 1208-1211.
- FENAUX R., 1974. Sur les Appendiculaires du golfe de Saronique (Grèce). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 22(9) : 101-103.
- FURNESTIN M.-L., 1979. Aspects of the zoogeography of the Mediterranean plankton. In : Zoogeography and diversity in plankton. S. von der Spoel and A.C. Pierrot-Bults (ed), pp. 191-253.
- GRICE G., 1963. A revision of the genus *Candacia* (Copepoda : Calanoida) with an annotated list of the species and a key for their identification. *Zoolog. Mededel.* 38(10) : 171-194.

- HULSEMAN K., 1966. Revision of the genus *Lucicutia* (Copepoda : Calanoida) with a key to its species. *Bull. Mar. Sci.*, 16(4) : 702-747.
- KIMOR B. & E.J.F. WOOD, 1975. A plankton study in the Eastern Mediterranean Sea. *Mar. Biol.*, 29 : 321-333.
- KIORTSIS V., 1974. Quelques considérations sur l'écologie du zooplancton en mer Egée. Répartition géographique et variations saisonnières. *Rapp. comm. int. Mer Médit.*, 22(9) : 139-141.
- KIORTSIS V. & M. MORAITOU-APOSTOLOPOULOU, 1975. Marine Cladocera (Crustacea) in the eutrophicated and polluted Saronic Gulf (Greece). *Isr. J. Zool.*, 24(1) : 71-74.
- KOVALEV A.V. & A.A. SHMELEVA, 1982. Faune des Copépodes de la mer Méditerranée. *Ekologija Morja*, 8 : 82-87 (in Russian).
- LACOMBE H., P. TCHERNIA et G. BENOIST, 1958. Contribution à l'étude hydrologique de la mer Egée en période d'été. *Bull. d'information*, n°8, Minist. de la Défense nationale et des Forces Armées.
- LAKKIS S., 1981. Les Cladocères des eaux libanaises : observations faunistiques et écologiques. *Rapp. Comm. int. Médit.*, 27(7) : 155-157.
- MALOUHOU-GRIMBA V., 1984. Les Siphonophores Hydrozoaires des mers grecques. Thèse Univ. Athènes : 1-234.
- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU M., 1972. Occurrence and fluctuation of the pelagic copepods of the Aegean with some notes on their ecology. *Hell. Oceanol. Limnol.*, 11 : 352-402.
- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU M. & V. KIORTSIS, 1974. Répartition des Cladocères en mer Egée. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 22 (9) : 87.
- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU M. & V. KIORTSIS, 1977. The Cladocera of the North Evoikos Gulf (Greece). *Thalassogr.*, 1(3) : 205-213.
- OVCHINIKOV I.M., 1976. Hydrology of Mediterranean Sea. Ed. : Hydrometeorozdat, 375 pp (in Russian).
- PANCUCCI-PAPADOPOULOU M.-A., & K. ANAGNOSTAKI, 1987. Deuxième campagne océanographique de « AEGAIOS » (Printemps 1986). Zooplancton : composition et distribution. 2e Symposium Hellenic en Océanographie et Pêche. Athènes, 11-15 mai 1987 (sous-presse).
- PASTEUR R., V. BERDUGO & B. KIMOR, 1976. The abundance, composition and seasonal distribution of epizooplankton in coastal and offshore waters of the Eastern Mediterranean. *Acta Adriatica*, 18 (4) : 55-80.
- PAVLOVA E.V., 1966. Composition et répartition du zooplancton en mer Egée. In : Recherches sur le plancton des mers du Sud, Ed. Nauk., p. 38-61 (In Russian).
- POLLAK M.J., 1951. The sources of the deep water of the Eastern Mediterranean Sea. *J. Mar. Res.*, 10 (1-3) : 128-152.
- ROSE M., 1933. Copépodes pélagiques. Faune de France, 26.
- SCOTTO DI CARLO B., A. IANORA, E. FRESI & J. HURE, 1984. Vertical zonation patterns for Mediterranean copepods from the surface to 3 000 m at a fixed station in the Tyrrhénian Sea. *J. Plankt. Res.*, 6 (6) : 1031-1056.
- SHMELEVA A.A., 1969. Espèces nouvelles du genre *Oncaea* (Copépode, Cyclopoida) de la mer Adriatique. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 68 No. 1393, 28 p, 19 figs.
- SIEGEL S., 1956. Nonparametric Statistics for the behavioral sciences. Intern. Student Ed., MacGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, Japan.
- SIOKOU-FRANGOU I., P. PANAYOTIDIS & E. PAPANASSIOU, 1984. Zooplankton composition of South Evoikos (Aegean Sea, Greece) during February and July 1982. *Thalassogr.*, 7 : 27-37.
- SIOKOU-FRANGOU I. & K. ANAGNOSTAKI, 1985. Zooplankton. In : Technical Report on the biology and ecology of the jellyfish in the Greek Seas, p. 20-27. National Center for Marine Research, Athens, February 1985 (In Greek).
- SIOKOU-FRANGOU I., 1987. Aspects de la distribution verticale des Copépodes dans la région de Rhodes. 2e Symposium Hellenic en Océanographie et Pêche. Athènes, 11-15 mai 1987 (sous-presse).
- THEOCHARIS A., D. GEORGOPOULOS & G. ZODIATIS, 1987. Caractères hydrologiques et structure dynamique du Détroit de Rhodes (Décembre 1985 - Novembre 1986). 2e Symposium Hellenic en Océanographie et Pêche. Athènes, 11-15 mai 1987 (sous-presse).

Reçu le 18 septembre 1986; received September 18, 1986.
 Accepté le 4 novembre 1986; accepted November 4, 1986.

TOXICITE AIGUE DES NITROPHENOLS VIS-A-VIS DE *DAPHNIA MAGNA*

Acute toxicity of nitrophenols to Daphnia magna

James DEVILLERS

Institut Pasteur de Lyon
77, rue Pasteur
69365 Lyon Cédex 7, France
Nouvelle adresse : CTIS, BP 29,
01500 Ambérieu en Bugey, France

TOXICITE AIGUE
CI50 24 H
PHENOL
NITROPHENOL
STRUCTURE-ACTIVITE
DAPHNIA MAGNA

ACUTE TOXICITY
24-H IC50
PHENOL
NITROPHENOLS
STRUCTURE-ACTIVITY
DAPHNIA MAGNA

RÉSUMÉ — Les effets toxicologiques (CI50 24 heures) du phénol et de six nitrophénols sont étudiés vis-à-vis de *Daphnia magna* Straus, 1820 et comparés aux données de la littérature pour des organismes occupant des niveaux trophiques différents. Les résultats obtenus montrent que la toxicité aiguë des nitrophénols vis-à-vis de ce Crustacé dépend du nombre et de la position des groupements NO₂ sur le noyau phénol ce qui permettrait d'envisager leur modélisation par des études quantitatives de type structure-activité.

ABSTRACT — Toxicological effects (24-h IC50) of phenol and six nitrophenols were determined on *Daphnia magna* Straus, 1820. They are then compared with acute toxicological data concerning organisms occupying different trophic levels. The results obtained show that the acute toxicity of nitrophenols to this Crustacean depends on the number and position of the NO₂ groups on the phenol nucleus. Therefore, the modeling of these aromatic compounds by means of Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) studies could be envisaged.

INTRODUCTION

Le choix des organismes à retenir pour la réalisation d'essais de toxicité en milieu aquatique est difficile du fait de la multiplicité des biotopes naturels et de la complexité de leurs biocénoses (Cabridenc et Bouchinet, 1982). Les espèces retenues sont généralement ubiquistes, à cycle court, génétiquement stables, leur élevage et leur manipulation au laboratoire ne posent pas de problème (Buikema *et al.*, 1982; Levin *et al.*, 1984).

L'emploi de *Daphnia magna* Straus, 1820 comme réactif biologique satisfait ces impératifs. En effet, ce Crustacé, représentatif des milieux dulçaquicoles, appartient au zooplancton filtreur et joue un rôle important dans l'alimentation de nombreuses espèces de Poissons (Crosby et Tucker, 1966). Sa reproduction par parthénogenèse cyclique, lorsque les conditions environnementales sont favorables, permet de disposer régulièrement d'une population

importante de femelles, génétiquement stables. De petite taille et protégée par une carapace bivalve, on peut la manipuler facilement sans précaution particulière (Lundhal, 1974). Dans ces conditions, il nous est apparu intéressant de tester la sensibilité de cet organisme vis-à-vis des nitrophénols qui, du fait de leur grande dispersion dans l'environnement, peuvent représenter un danger pour les écosystèmes aquatiques (Buikema *et al.*, 1979).

MATERIEL ET METHODES

Les conditions d'élevage

Daphnia magna s'adapte physiologiquement aux caractéristiques physico-chimiques du milieu dans lequel elle vit. Dans ces conditions, tout essai écotoxicologique utilisant ce Crustacé doit être

interprété en tenant compte des conditions d'élevage utilisées. De plus, celles-ci doivent être contrôlées afin d'obtenir une production importante et régulière de jeunes Daphnies tout au long de l'année.

Dans ce but, notre élevage est réalisé dans une pièce thermostatée à $22^{\circ}\text{C} \pm 0,5$. 2 tubes Mazdafluor Blanc Industrie et 1 tube Sylvania lifeline F40 Wigro, disposés à 35 cm de la surface des bacs de reproduction, fournissent une intensité lumineuse de 1 600 Lux. La photopériode choisie est de 16 h de jour pour 8 h de nuit. 3 bacs d'élevage sont utilisés (L = 30 cm, l = 16 cm, H = 20 cm). Chacun reçoit 4 l d'eau minérale de commerce de marque Volvic. Un léger bullage, assuré par un aérateur de type RENA 301, permet un apport suffisant d'oxygène aux Daphnies. Chaque bac estensemencé avec 100 Daphnies de moins de 72 h. Un décalage de 2 j dans leur mise en route permet d'étaler la production. Celle-ci commence 5 à 6 j après l'ensemencement. Les 3 premières générations sont à chaque fois éliminées (AFNOR, 1974).

Un aquarium fournit un nombre suffisant de Daphnies pour une journée de tests et éventuellement ensemencer un nouveau bac. La filtration des bacs survient avec une périodicité de 3 j. Lorsque les Daphnies sont dans leur phase optimale de reproduction, la filtration se fait au travers de 3 tamis dont les mailles sont respectivement 1 600 μm , 800 μm et 600 μm . Le premier retient les bonnes reproductrices, le 2^e celles qui doivent être éliminées et le 3^e recueille les Daphnies âgées de moins de 72 h, utilisables pour les tests. Les bacs d'élevage sont renouvelés toutes les semaines. L'exploitation d'un aquarium n'excède pas 30 j. Son remplacement est prévu au bout de 20 j.

Les Daphnies sont nourries à l'aide de Chlorelles (*Chlorella vulgaris*). Leur culture est réalisée dans le milieu de Lefevre-Czarda modifié par l'incorporation d'oligo-éléments (AFNOR, 1980). Des repiquages fréquents évitent l'épuisement des milieux et l'utilisation d'Algues en phase sénescence qui diminuent la vitesse de filtration de ces Crustacés. Les solutions algales ne sont pas utilisées directement. En effet, les Algues sont collectées par simple décantation puis diluées dans le l'eau de Volvic. Cette opération permet d'éliminer le milieu oligo-LC qui par sa composition, en particulier en potassium, peut être toxique pour les Daphnies. Elle permet également l'élimination de la chlorelline, substance toxique produite par les Algues (Pratt *et al.*, 1945). La nourriture est apportée de façon quotidienne (10^{+6} Chlorelles/Daphnie/h.).

Choix des molécules à tester

L'étude de la toxicité aiguë des nitrophénols vis-à-vis de *Daphnia magna* est envisagée en tenant compte d'une part de la nécessité de tester avant tout

des polluants appartenant à des listes de toxiques prioritaires (Mestres, 1979, 1980; Chapman *et al.*, 1982) et d'autre part, de l'intérêt que l'on peut tirer de l'analyse de l'influence toxicologique du nombre et de la position des groupements NO_2 sur des molécules aromatiques dans les approches de types QSAR (Quantitative Structure Activity Relationship).

Dans ces conditions, nous avons testé les composés suivants :

- le phénol (CAS RN : 108-95-2)
- le 2-Nitrophénol (CAS RN : 88-75-5), le 3-Nitrophénol (CAS RN : 554-84-7), le 4-Nitrophénol (CAS RN : 100-02-7), le 2,4-Dinitrophénol (CAS RN : 51-28-5), le 2,5-Dinitrophénol (CAS RN : 329-71-5) et le 2,4,6-Trinitrophénol (CAS RN : 88-89-1) communément appelé acide picrique.

Ces 7 molécules, d'origines commerciales différentes, ont toutes une pureté supérieure à 95 %.

Réalisation des essais

La méthodologie employée pour tester ces 7 polluants, selon un mode statique, vis-à-vis de *Daphnia magna* suit celle préconisée par la norme AFNOR T 90-301 (1974). Ainsi, chaque test se déroule selon les mêmes principes. Après une pesée précise du polluant à étudier, une solution mère est préparée par dissolution du toxique dans de l'eau désionisée (10 $\mu\text{s/cm}$). Des dilutions décimales obtenues à partir de la solution mère et d'eau synthétique AFNOR (1974) (eau dure maintenue à $20^{\circ}\text{C} \pm 1$) permettent de réaliser un essai préliminaire donnant une idée approximative de la toxicité après 24 h d'exposition au polluant étudié. Cet essai est conduit dans des tubes en verre (15 x 160 mm) bouchés après introduction des Daphnies (5 par tube) de 3^e génération au moins et âgées de moins de 72 h. Le test se déroule à l'obscurité.

A partir des résultats obtenus, un essai définitif est réalisé selon les mêmes conditions mais sur une gamme de concentrations en progression géométrique de raison 1,3 afin de pouvoir déterminer précisément, sur papier log-probit, la CI50 24 h de chaque produit, c'est-à-dire la concentration qui provoque en 24 h une immobilisation de 50 % dans la population testée.

Chaque polluant étudié est essayé un minimum de 6 fois. Les résultats obtenus sont considérés comme valides si :

- la CI50 24 h du bichromate de potassium (toxique de référence) se situe entre 0,9 et 1,5 mg/l (AFNOR, 1974).
- la teneur en oxygène dissous mesurée en fin d'essai est supérieure ou égale à 25 % de la saturation à 20°C (AFNOR, 1974).
- le pourcentage d'immobilisation observé dans les témoins (eau synthétique) est nul (ISO, 1980).

RESULTATS ET DISCUSSION

Nos résultats suggèrent que le nombre et la position des groupements NO₂ sur les molécules de nitrophenols conditionnent leurs effets toxiques vis-à-vis de *Daphnia magna* (Tabl.I).

Tabl. I. — Toxicité aiguë (en mmol/l) du phénol et des nitrophenols vis-à-vis de *Daphnia magna*.

Acute toxicity (mmol/l) of phenol and nitrophenols on *Daphnia magna*.

Molécule	CI50 24h	Intervalle de confiance à 95 %
Phénol	0,395	(0,352 - 0,437)
2-Nitrophenol	0,313	(0,261 - 0,366)
3-Nitrophenol	0,158	(0,134 - 0,181)
4-Nitrophenol	0,081	(0,076 - 0,087)
2,4-Dinitrophenol	0,039	(0,037 - 0,041)
2,5-Dinitrophenol	0,046	(0,044 - 0,048)
2,4,6-Trinitrophenol	0,431	(0,370 - 0,492)

En effet, les nitrophenols monosubstitués sont plus toxiques que le phénol mais moins réactifs que les dinitrophenols. Les para-isomères ont une toxicité supérieure à celle des ortho- ou méta-isomères. La présence simultanée de groupement NO₂ en position 2 et 6 diminue fortement la toxicité de ces polluants puisque le 2,4,6-Trinitrophenol (acide picrique) présente une toxicité inférieure à celle du phénol. Cependant, lorsqu'on confronte nos résultats à ceux de la littérature, on s'aperçoit que la toxicité aiguë de ces molécules dépend fortement des conditions opératoires (âge des organismes, critère de toxicité, temps d'exposition, pureté des produits, dosage ou non des solutions essayées ...). Ainsi, Leblanc (1980) montre que la toxicité de l'acide picrique vis-à-vis de *D. magna* augmente avec le temps d'exposition (CL50 24 h > 0,960 mmol/l et CL50 48 h = 0,371 mmol/l) alors que celle du 4-Nitrophenol (CL50 24h = 0,173 mmol/l et CL50 48 h = 0,158 mmol/l) ou celle du 2,4-Dinitrophenol (CL50 24 h = 0,024 mmol/l et CL50 48 h = 0,022 mmol/l) n'évoluent pas de façon significative durant cet intervalle de temps. D'autre part, les travaux de Bringmann et Kühn (1977a, 1982) révèlent que la toxicité aiguë du 2-Nitrophenol vis-à-vis de la Daphnie varie selon le protocole expérimental adopté et le critère de toxicité choisi (CL50 24 h = 1,510 mmol/l et CI50 24 h = 0,395 mmol/l) alors que par ex., on ne note aucune variation significative de la nocivité du 3-Nitrophenol vis-à-vis de ce Crustacé (CL50 24 h = 0,280 mmol/l et CI50 24 h = 0,201 mmol/l).

La comparaison de nos résultats à ceux de la littérature permet également de voir que le com-

portement toxicologique des nitrophenols dépend des organismes choisis pour réaliser les essais. Ainsi, selon les critères de toxicité utilisés (seuils de toxicité, concentrations efficaces ou létales 50 %), le 2,4-Dinitrophenol est plus toxique que le 4-Nitrophenol vis-à-vis de *Microcystis aeruginosa* (Bringmann et Kühn, 1978), *Photobacterium phosphoreum* (Indorato et al., 1984), *Chilomonas paramecium* (Bringmann et al., 1980), *Uronema parduizi* (Bringmann et Kühn, 1980), *Daphnia magna* (Kopperman et al., 1974; Bringmann et Kühn, 1977a, 1982; LeBlanc, 1980; notre étude), *Brachydanio rerio* (Devillers, 1985), *Lepomis macrochirus* (Buccafusco et al., 1981; Janardan et al., 1984) et *Pimephales promelas* (Phipps et al., 1981; Hall et Kier, 1984; Janardan et al., 1984). A l'inverse, le 4-Nitrophenol est plus toxique que le 2,4-Dinitrophenol pour *Pseudomonas putida* (Bringmann et Kühn, 1977b), *Scenedesmus quadricauda* (Bringmann et Kühn, 1977b), *Tetrahymena pyriformis* (Schultz et al., 1986) et pour *Entosiphon sulcatum* (Bringmann, 1978).

D'autre part, l'étude de l'influence de la position des groupements NO₂ sur la toxicité des nitrophenols monosubstitués montre que le 4-Nitrophenol présente la nocivité la plus importante pour *Chlorella pyrenoidosa* (Huang et Glyona, 1968), *Uronema parduizi* (Bringmann et Kühn, 1980), *Tetrahymena pyriformis* (Yoshioka et al., 1985) et pour *Daphnia magna* (Bringmann et Kühn, 1977a, 1982; notre étude). Le 2-Nitrophenol est l'isomère le plus toxique pour *Pseudomonas putida* (Bringmann et Kühn, 1977b), *Scenedesmus quadricauda* (Bringmann et Kühn, 1977b), *Entosiphon sulcatum* (Bringmann, 1978) et *Chilomonas paramecium* (Bringmann et al., 1980). Enfin, le 3-Nitrophenol est plus toxique vis-à-vis de *Microcystis aeruginosa* que le 2-Nitrophenol et le 4-Nitrophenol (Bringmann et Kühn, 1978).

Les données bibliographiques relatives à l'effet de la position des groupements NO₂ sur la toxicité aiguë des dinitrophenols sont beaucoup plus rares. Cependant, Schultz (1987) montre que la toxicité du 2,4-Dinitrophenol vis-à-vis de *Tetrahymena pyriformis* est plus importante que celle du 2,5-Dinitrophenol ce qui est en accord avec nos résultats sur la Daphnie.

Enfin, il est intéressant de noter que la faible nocivité relevée pour le 2,4,6-Trinitrophenol vis-à-vis de *D. magna* est confirmée par d'autres études réalisées sur ce Crustacé (Bringmann et Kühn, 1977a; 1982; LeBlanc, 1980) et par des résultats de toxicité concernant des organismes occupant des niveaux trophiques différents. Ainsi, les seuils de toxicité de ce polluant, déterminés selon des conditions opératoires précises, vis-à-vis de *Microcystis aeruginosa* (Bringmann et Kühn, 1978), de *Chilomonas paramecium* (Bringmann et al., 1980), d'*Entosiphon sulcatum* (Bringmann, 1978) et d'*Uronema parduizi* (Bringmann et Kühn, 1980) sont respecti-

vement de 0,175, 2,479, 2,889 et 0,113 mmol/l. Ils sont le plus souvent très nettement supérieurs à ceux proposés pour les autres nitrophénols et même, dans la plupart des cas, à celui du phénol. D'autre part, Buccafusco *et al.* (1981) trouvent que la CL50 96h du 2,4,6-Trinitrophénol vis-à-vis de *Lepomis macrochirus* est égale à 0,742 mmol/l. Enfin, les travaux de Goodfellow *et al.* (1983) montrent que la toxicité aiguë de l'acide picrique est peu importante vis-à-vis de *Crassostrea virginica* (CE50 144h = 0,613 mmol/l) et de *Salmo gairdneri* (CL50 48 h = 0,586 mmol/l). Ils soulignent également que la nocivité du 2,4,6-Trinitrophénol augmente avec le temps d'exposition ce qui confirme les résultats obtenus par de nombreux auteurs (LeBlanc, 1980; Buccafusco *et al.*, 1981).

Notre étude montre que la toxicité aiguë des nitrophénols vis-à-vis de *Daphnia magna* dépend du degré de substitution des molécules et de la position des substituants sur le noyau phénol. Cette approche qualitative de type structure-toxicité, réalisée selon des conditions opératoires précises, révèle donc qu'il serait possible de prédire la nocivité de ces molécules vis-à-vis de ce Crustacé par des modèles quantitatifs de type QSAR.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 1974. Détermination de la mobilité de *Daphnia magna* Straus (Crustacé, Cladocère). Norme expérimentale T 90-301 : 12 p.
- AFNOR, 1980. Détermination de l'inhibition de croissance de *Scenedesmus subspicatus* par une substance. Norme expérimentale T 90-304 : 6 p.
- BRINGMANN G., 1978. Bestimmung der biologischen Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen Protozoen. I. Bakterienfressende Flagellaten (Modellorganismus : *Entosiphon sulcatum* Stein). *Z. Wasser Abwasser Forsch.*, 11 : 210-215.
- BRINGMANN G. & R. KÜHN, 1977a. Befunde der Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen *Daphnia magna*. *Z. Wasser Abwasser Forsch.*, 10 : 161-166.
- BRINGMANN G. & R. KÜHN, 1977b. Grenzwerte der Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen Bakterien (*Pseudomonas putida*) und Grünalgen (*Scenedesmus quadricauda*) im Zellvermehrungshemmtest. *Z. Wasser Abwasser Forsch.*, 10 : 87-98.
- BRINGMANN G. & R. KÜHN, 1978. Grenzwerte der Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen Blaualgen (*Microcystis aeruginosa*) und Grünalgen (*Scenedesmus quadricauda*) im Zellvermehrungshemmtest. *Vom Wasser*, 50 : 45-60.
- BRINGMANN G. & R. KÜHN, 1980. Bestimmung der Biologischen Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen Protozoen. II. Bakterienfressende Ciliaten. *Z. Wasser Abwasser Forsch.*, 13 : 26-31.
- BRINGMANN G. & R. KÜHN, 1982. Ergebnisse der Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen *Daphnia magna* in einem weiterentwickelten standardisierten Testverfahren. *Z. Wasser Abwasser Forsch.*, 15 : 1-6.
- BRINGMANN G., R. KÜHN & A. WINTER, 1980. Bestimmung der biologischen Schädigung wassergefährdender Stoffe gegen Protozoen. III. Saprozoische Flagellaten. *Z. Wasser Abwasser Forsch.*, 13 : 170-173.
- BUCCAFUSCO R.J., S.J. ELLS & G.A. LEBLANC, 1981. Acute toxicity of priority pollutants to bluegill (*Lepomis macrochirus*). *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 26 : 446-452.
- BUIKEMA A.L., M.J. MCGINNISS & J. CAIRNS, 1979. Phenolics in aquatic ecosystems : A selected review of recent literature. *Marine Environm. Res.*, 2 : 87-181.
- BUIKEMA A.L., B.R. NIEDERLEHNER & J. CAIRNS, 1982. Biological monitoring. Part IV-Toxicity testing. *Water Res.*, 16 : 239-262.
- CABRIDENC R. & J. BOUCHINET, 1982. Représentativité et signification des espèces retenues au stade laboratoire pour évaluer les effets d'une substance chimique dans l'environnement aquatique. In : Principes for the interpretation of the results of testing procedures in ecotoxicology, Rapport EUR 7549, 307-318.
- CHAPMAN P.M., G.M. ROMBERG & G.A. VIGERS, 1982. Design of monitoring studies for priority pollutants. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 54 : 292-297.
- CROSBY D.G. & A.K. TUCKER, 1966. Toxicity of aquatic herbicides to *Daphnia magna*. *Science*, 154 : 289-291.
- DEVILLERS J., 1985. Utilisation de bioindicateurs de toxicité pour détecter les pollutions des eaux destinées à la consommation humaine. Contrat du Ministère des Affaires Sociales et de la Solidarité Nationale (Santé), 68 p.
- GOODFELLOW W.L., D.T. BURTON, W.C. GRAVES, L.W. HALL & K.R. COOPER, 1983. Acute toxicity of picric acid and picramic acid to rainbow trout *Salmo gairdneri* and american oyster, *Crassostrea virginica*. *Water Res. Bull.*, 19 : 641-648.
- HALL L.H. & L.B. KIER, 1984. Molecular connectivity of phenols and their toxicity to fish. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 32 : 354-362.
- HUANG J.C. & E.F. GLOYNA, 1968. Effect of organic compounds on photosynthetic oxygenation. I. Chlorophyll destruction and suppression of photosynthetic oxygen production. *Water Res.*, 2 : 347-366.
- INDORATO A.M., K.B. SNYDER & P.J. USINOWICZ, 1984. Toxicity screening using Microtox analyser. In Toxicity screening procedures using bacterial systems. D. Liu and B.J. Dutka Eds., Marcel Dekker, Inc. : 37-53
- ISO, 1980. Détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). Norme internationale ISO/6341 : 15 p.
- JANARDAN S.K., C.S. OLSON & D.J. SCHAEFFER, 1984. Quantitative comparisons of acute toxicity of organic chemicals to rat and fish. *Ecotoxicol. Environm. Saf.*, 8 : 531-539.
- KOPPERMAN H.L., R.M. CARLSON & R. CAPLE, 1974. Aqueous chlorination and ozonation studies. I. Structure-toxicity correlations of phenolic compounds to *Daphnia magna*. *Chem. Biol. Interac.*, 9 : 245-251.
- LEBLANC G.A., 1980. Acute toxicity of priority pollutants to water flea (*Daphnia magna*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 24 : 684-691.
- LEVIN S.A., K.D. KIMBALL, W.H. McDOWELL & S.F. KIMBAL, 1984. New perspectives in ecotoxicology. *Environ. Manage.*, 8 : 375-442.

- LUNDAHL P., 1974. Contribution à l'étude de la pollution des eaux par les substances toxiques. Propriétés biologiques de quelques agents de surface anioniques. Thèse Doc. Ing., Univ. Paris VI, 184 p.
- MESTRES R., 1979-1980. Rapport sur la classification pratique des substances de la liste I. Directive 76/464/CEE, 103 p.
- PHIPPS G.L., G.W. HOLCOMBE & J.T. FIANDT, 1981. Acute toxicity of phenol and substituted phenols to the fathead minnow. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 26 : 585-593.
- PRATT R., J.F. ONETO & J. PRATT, 1945. Studies on *Chlorella vulgaris*. X. Influence of the age of the culture on the accumulation of chlorellin. *Amer. J. Bot.*, 32 : 405-408.
- SCHULTZ T.W., 1987. The use of the ionization constant (pKa) in selecting models of toxicity in phenols. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 14 : 178-183.
- SCHULTZ T.W., G.W. HOLCOMBE & G.L. PHIPPS, 1986. Relationships of Quantitative Structure-Activity to comparative toxicity of selected phenols in the *Pimephales promelas* and *Tetrahymena pyriformis* test systems. *Ecotoxicol. Environm. Saf.*, 12 : 146-153.
- YOSHIOKA Y., Y. OSE & T. SATO, 1985. Testing for the toxicity of chemicals with *Tetrahymena pyriformis*. *Sci. Total Environm.*, 43 : 149-157.

Reçu le 19 février 1988; received February 19, 1988
Accepté le 7 novembre 1988; accepted November 7, 1988

THE EFFECT OF SOME ABIOTIC FACTORS ON THE DISTRIBUTION AND SELECTION OF HABITAT BY THE CARABID BEETLES IN THE CENTRAL SIERRA MORENA MOUNTAINS (SW Córdoba, Spain)

A.M. CARDENAS and C. BACH

Depto de Biología Animal, Sección de Zoología,
Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba,
14071 Córdoba, Spain

COLEOPTERA
CARABIDAE
ECOLOGIE
DISTRIBUTION
ANALYSE CANONIQUE

RÉSUMÉ — Le rôle des facteurs abiotiques dans la sélection de l'habitat par les Coléoptères Carabiques est étudié. La zone étudiée est située au NW de la province de Cordoue (Espagne). Afin de caractériser l'aire nous l'avons replacée dans son cadre géologique, édaphique et climatique. Les techniques de récolte et les méthodes de préparation sont celles habituellement utilisées en entomologie. Une analyse de corrélation canonique des espèces présentes dans l'aire et des variables édaphiques du milieu a été réalisée. Les résultats montrent que certaines espèces sont conditionnées par divers paramètres abiotiques : température, humidité et texture du sol. D'autres facteurs (taux de matière organique et taux d'argile) ont une influence sur la distribution totale des espèces. Enfin, la caractérisation des biotopes par l'ensemble de leurs paramètres physico-chimiques met en évidence leur colonisation par des groupes d'espèces à des taux différents de probabilité.

COLEOPTERA
CARABIDAE
ECOLOGY
DISTRIBUTION
CANONICAL CORRELATION

ABSTRACT — The effect of certain environmental abiotic factors on the selection of habitat by the Carabid beetles is studied. The area in which the study was carried out is located in the northwest of Cordoba, Spain. The edaphic and microclimatic features of 75 sampling stations were studied in order to characterize the area. Collection and preparation techniques were those currently used in Entomology. The results show that the presence of certain species in the area is correlated to some abiotic parameters such as temperature, humidity and soil texture whereas other factors like organic matter content and clay percentage affect the overall distribution of the species. Thus, the joint effect of the physical-chemical parameters has a determining influence on the distribution and selection of habitat by the Carabid beetles in the Sierra Morena Mountains.

INTRODUCTION

The distribution and density of the Carabid beetle in different habitats has been widely studied in the last 20 years (Laren, 1936; Krogerus, 1936, 1960; Lindroth, 1954, 1959, etc...). All these authors have concluded that both distribution and density of the populations are conditioned by the micro and macroclimatic characteristics of the habitat. Moreover, they have also demonstrated that distribution and density are dependent on the species.

More recent experiments carried out under controlled laboratory conditions (Kirchner, 1960; Lauterbach, 1964; Becker, 1975; Thiele, 1977 and Pietrazsko and De Clerq, 1980) have shown that the species studied preferred certain climatic factors such as temperature, humidity or degree of sunlight and physical-chemical ones like soil type and pH when selecting their habitat. However, these experiments have not answered such questions as why some species are widely associated to certain habitats and not to others apparently with similar characteristics or ... which factors are responsible for this selection, etc...

The purpose of this paper is to confirm the above laboratory experiments by field data and to try and find answers to the aforementioned questions.

THE AREA

This research was carried out in Hornachuelos, in the northwest of Córdoba (37°40' - 38°40'N and 5°11' - 5°20'W). This is a geologically and geographically natural region of the Bembézar Basin (Cabanas, 1962). The Bembézar is an important tributary of the Guadalquivir River.

Population density in the area is low and forestry is the main resource. The soil is chemically and physically homogeneous with a granular friable and porous structure. It has a clayey texture, a pH ranging between 5.2 and 7.7 and high levels of organic matter and carbon.

According to Marvizón's classification (1981) its climate corresponds to subindices $C_3a_3s_2s_2$, i.e., to a subtropical mediterranean climate, characterized by subtropical heat and mediterranean subdry relative humidity.

Vegetation in the area is typical of a mediterranean mixed forest and belongs to the Durillignose



Fig. 1. — Topographic map of the studied area. The sampling sites are indicated by numbers.

formation, represented in Spain by the *Quercetea ilicis* type. It is constituted by perennial leaf and phanerophyte communities where shrubs and bushes predominate. The most representative species are : *Quercus suber*, *Q. rotundifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Asparagus albus* and different species of *Erica* and *Cistus*.

MATERIAL AND METHODS

The carabid beetle was studied between 1982 and 1984 with weekly sampling taken from 75 randomly distributed stations (Fig. 1). Collection was mainly done by hand and therefore selective. Albeit some non-selective methods such as pit-fall traps or Berlese Tulgren's techniques were sometimes used. A total of 300 samples were taken.

The 3 250 specimens collected were fixed and prepared following usual entomological techniques. After their determination, 117 species, 68 genera and 19 tribes were identified.

Four of these tribes belonged to the subfamily *Carabinae* and the others to the *Harpalinae* one. A list of species may be found at the end of this paper.

Air temperature, humidity and soil pH were recorded under the same conditions at each sampling station. Soil samples were also taken in order to analyse soil texture, structure, organic matter and carbon content.

Temperature and humidity were measured on a portable thermohydrometer and soil pH on a Crison pH-meter (ph/mv = 506) for solid samples.

Soil texture was determined by Bouyoucos' density method (Guitian and Carballas, 1975) and soil structure following C.E.B.A.C. criterion (1971).

Organic matter and carbon content were calculated by Walkey Black's $K_2Cr_2O_7$ oxidative method as described by Allison (1965).

The determination of the species was based on De la Fuente (1930), Jeannel (1941, 1942), Antoine (1955-62), Jeanne (1965-1980), Freude (1976), Novoa (1977) and Pérez Zaballos (1983).

The environmental parameters and species taken from each station were used to make up the initial quantitative and qualitative matrices from which the mathematical analyses were developed. Factorial Analysis of the BMDP series, selecting the 4M Ordination Analysis in Principal Components and the 6M Canonical Correlation Analysis (Dixon, 1981) were used.

The analyses were made on an IBM 5110 computer from the Calculus Center at the School of Veterinary Science, University of Córdoba and on the UNIVAC DCT 2000 terminal from the Calculus Center at the School of Mathematics, University of Sevilla.

RESULTS

1. Characterization of the sampling stations according to their physical-chemical variables

The following physical-chemical variables were determined in each of the sampling stations : temperature, environmental humidity, pH, organic matter and carbon contents, structure and texture (% of clay, lime and sand). The results are shown in tables I and II.

Some of the differences found between the sampling stations and the selection of habitat by the carabid beetles may be determined through the use of these parameters. Table III shows the variations in the number and percentage of captured species from one station to another. These ranged from 0 to 28 in stations 45-61 and 1, respectively.

A matrix of the data obtained from the physical-chemical variables was submitted to a Factorial Analysis of Principal Components with the 4M

Table I. — Day temperature (T°C) and humidity (% H.R.) for each station (P.M.).

P.M.	T °C	%H.r.	P.M.	T °C	%H.r.
1	26.2	38.8	39	18.0	46.2
2	20.5	41.0	40	16.0	48.3
3	27.5	34.5	41	25.5	38.5
4	27.2	35.5	42	23.0	41.5
5	27.7	34.5	43	21.0	45.5
6	23.5	36.5	44	24.3	37.0
7	19.2	41.0	45	24.3	40.9
8	20.7	49.0	46	29.0	26.5
9	21.0	34.2	47	29.5	25.2
10	23.2	33.2	48	28.2	38.0
11	27.7	36.7	49	26.4	30.3
12	25.5	33.4	50	26.0	34.0
13	25.0	33.3	51	23.3	38.3
14	24.5	31.5	52	21.0	42.3
15	20.4	39.0	53	18.8	39.3
16	21.4	36.0	54	28.3	30.3
17	26.4	35.8	55	20.5	42.5
18	23.0	38.0	56	26.9	31.5
19	23.2	38.5	57	25.5	35.7
20	23.2	35.4	58	23.8	39.3
21	22.2	35.5	59	21.8	38.7
22	21.5	36.2	60	19.5	40.7
23	20.2	36.0	61	20.8	43.3
24	19.1	34.8	62	25.5	31.5
25	16.2	37.5	63	25.5	33.3
26	17.8	39.5	64	27.0	38.5
27	17.5	40.5	65	27.0	29.0
28	18.2	40.5	66	15.5	51.4
29	19.5	39.0	67	17.8	38.9
30	18.8	31.1	68	20.0	46.3
31	22.2	40.2	69	21.0	40.5
32	19.3	34.7	70	18.8	42.0
33	24.4	36.7	71	19.2	44.5
34	20.8	40.5	72	22.3	45.5
35	23.5	29.2	73	20.0	44.0
36	22.8	41.8	74	25.0	36.0
37	20.8	44.1	75	25.0	25.6
38	17.5	47.9			

Table II. — Physical-chemical variables tested in the sampling stations (P.M.). C : carbon, M.O. : organic matter, A : clay, L : lime, Ar : sand, Tex : texture, F : loamy.

P.M.	pH	% C	% M.O.	% A	% L	% Ar	Tex.
1	7.4	2.6	4.4	11	43	46	FL
2	7.2	1.8	1.8	11	45	44	FL
3	6.9	1.3	2.3	4	50	46	FL
4	6.5	3.9	6.8	7	47	46	FA
5	7.6	3.9	6.8	10.8	42.2	47	FL
6	7.4	2.0	4.1	3	50	47	FL
7	7.7	3.9	6.8	4	52	43	FA
8	6.7	1.0	1.8	8	30	62	FA
9	6.7	7.6	13.1	9	39	52	FA
10	5.8	7.9	13.6	7	43	50	FA
11	6.7	7.8	13.5	9	25	66	FA
12	5.4	7.8	13.5	7	39	54	FA
13	5.4	5.7	9.8	12	23	65	FA
14	5.8	7.8	13.9	7	33	60	FA
15	6.0	7.9	13.6	4	25	71	AF
16	5.6	7.7	13.3	5	26	69	FA
17	5.6	1.6	2.8	3	30	67	FA
18	5.5	1.7	2.9	5	43	52	FA
19	5.9	2.2	3.8	5	37	58	FA
20	6.0	1.3	2.2	3	40	57	FA
21	5.6	2.1	3.7	8	44	48	FA
22	6.0	0.8	1.4	5	52	43	FL
23	5.6	3.3	5.7	8	44	56	FA
24	6.0	5.1	8.7	8	50	42	FL
25	5.7	3.8	6.5	3	31	66	FA
26	6.1	7.2	12.3	6	32	62	FA
27	5.2	6.1	10.4	5	40	52	FA
28	5.7	7.3	12.6	7	30	63	FA
29	5.7	3.2	5.6	11	52	37	FA
30	5.3	1.2	2.1	13	54	32	FL
31	6.3	1.0	1.8	12	24	64	FL
32	5.7	4.7	8.1	8	30	62	FA
33	6.9	2.4	4.3	14	53	33	FL
34	7.1	0.8	1.4	4	36	50	FA
35	6.3	1.6	2.9	6	29	65	FA
36	6.5	6.8	11.1	8	50	42	FL
37	5.9	6.3	10.8	10	28	62	FA
38	7.6	8.0	13.7	10	38	52	FA
39	6.0	3.6	6.1	7	39	54	FA
40	5.6	2.1	3.6	9	67	24	FL
41	6.6	7.4	12.7	7	24	69	FA
42	6.0	3.5	6.1	9	48	43	F
43	5.9	3.7	6.3	10	38	52	F/FA
44	5.7	6.4	11.0	10	54	36	FL
45	6.0	5.2	5.5	8	47	45	F
46	5.2	3.7	6.3	0	48	52	FA
47	6.7	7.9	13.7	4	29	67	FA
48	6.9	2.8	4.8	7.5	38.5	54	FA
49	6.7	7.7	13.2	4	35	61	FA
50	6.9	8.0	13.7	14	30	56	FA
51	7.2	7.6	13.3	8	42	50	FA
52	7.3	7.3	12.6	10	42	48	FA
53	7.4	5.2	8.8	9	53	38	FL
54	7.2	2.6	4.6	9	24	67	FA
55	5.3	2.7	4.6	9	49	42	F
56	6.4	6.8	11.7	5	48	47	F
57	7.1	2.8	4.9	5	38	57	FA
58	5.2	7.8	12.1	4	34	62	FA
59	5.4	7.9	13.7	4	37	59	FA
60	7.5	5.8	10.0	3	55	42	FL
61	6.3	6.0	10.4	8	50	42	FL
62	6.2	1.5	2.5	7.5	16.5	76	AF
63	6.0	4.6	7.9	5	32	63	FA
64	5.6	7.9	13.7	5	12.5	82.5	AF
65	6.6	3.0	5.2	15	46	39	F
66	6.9	1.9	3.5	7	35	58	FA
67	6.4	2.3	4.0	0.9	39	52	F/FA
68	5.7	4.8	4.2	6	48	46	F
69	5.7	4.5	7.7	12	33	55	FA
70	6.8	4.0	7.0	14	36	60	FA
71	6.7	7.9	13.7	11	50	39	FL
72	5.5	3.4	6.8	13	48	39	FL
73	5.4	6.8	4.0	13	35	52	FA
74	5.5	5.7	9.8	13	30	57	FA
75	6.4	6.6	11.3	9	15	76	FA

program of the BMDP series previously described by Frane and Hill (1975) in order to demonstrate the aforementioned results. Table IV shows the correlation matrix between the variables analysed. A

Table III.— Number of species caught (n° sp.) and their overall percentage (% sp) at each sampling station (P.M.).

P.M.	n° Sp.	% Sp.	P.M.	n° Sp.	% Sp.
1	28	0.26	39	6	0.05
2	5	0.04	40	9	0.07
3	14	0.11	41	11	0.09
4	8	0.06	42	11	0.09
5	7	0.05	43	14	0.12
6	7	0.05	44	1	0.01
7	10	0.08	45	0	0.00
8	5	0.04	46	17	0.14
9	8	0.06	47	22	0.19
10	4	0.03	48	7	0.06
11	4	0.03	49	5	0.04
12	16	0.15	50	12	0.10
13	19	0.18	51	2	0.02
14	10	0.08	52	10	0.08
15	3	0.02	53	7	0.06
16	5	0.04	54	4	0.03
17	11	0.09	55	5	0.04
18	17	0.16	56	17	0.16
19	18	0.16	57	12	0.11
20	6	0.05	58	7	0.06
21	10	0.08	59	11	0.09
22	8	0.06	60	4	0.03
23	6	0.05	61	0	0.00
24	6	0.05	62	23	0.20
25	5	0.04	63	20	0.17
26	2	0.02	64	18	0.16
27	17	0.16	65	6	0.05
28	7	0.06	66	17	0.16
29	9	0.07	67	17	0.16
30	8	0.07	68	12	0.10
31	11	0.09	69	5	0.04
32	7	0.06	70	4	0.03
33	6	0.05	71	13	0.11
34	7	0.06	72	3	0.02
35	12	0.12	73	3	0.02
36	9	0.07	74	11	0.09
37	5	0.04	75	14	0.12
38	8	0.06			

relationship between the following parameters was found : temperature/humidity, organic matter/carbon content and clay/lime.

The variance absorbed by the first four axes was 0.72, 0.61, 0.46 and 0.27, respectively. The M.S.A. value was 0.52. The loaded factors after the axes were turned are shown in table V. In the graph obtained with axes I and II (fig. 2,1), the stations corresponding to a wet environment and to cultivated lands are separated according to clay and lime content. The latter is obviously greater in the first environment than in the second one. However, when the stations were represented according to organic matter and carbon content no separation was found. Moreover, no differences in clay and lime content were found in the forest stations.

When the temperature and humidity variables (axis III) were compared to organic matter and carbon contents (axis I), the 75 sampling stations were scattered over the four quadrants (Fig. 2,2).

However, only forest stations appeared in the quadrant with the highest percentage of organic

Table IV. — Correlation matrix for the variables tested in the area.

	T.	H.	pH	C.	M.O.	A.	L.	Ar.	Est.	Sp.
T.	1.000									
H.	-0.729*	1.000								
pH	0.090	0.046	1.000							
C.	0.009	-0.055	-0.046	1.000						
M.O.	0.032	-0.112	0.007	0.965*	1.000					
A.	0.016	0.151	0.133	0.019	-0.009	1.000				
L.	-0.177	0.236	0.123	-0.240	-0.248	0.030	1.000			
Ar.	0.176	-0.278	-0.151	0.224	0.240	-0.301	-0.955*	1.000		
Est.	-0.138	0.017	0.137	0.140	0.118	-0.023	-0.042	0.044	1.000	
Sp.	0.258	-0.206	-0.178	-0.103	-0.068	-0.177	-0.219	0.238	-0.078	1.000

Table V. — Loaded factors once the axes had been turned. Key of shortened forms like Table II.

VARIABLE	FACTOR			
	1	2	3	4
T	0.002	0.072	<u>0.920</u>	0.156
H	-0.088	-0.106	<u>-0.897</u>	0.100
pH	0.011	-0.090	0.043	<u>0.731</u>
C	<u>0.961</u>	0.133	0.007	-0.021
MO	<u>0.953</u>	0.146	0.056	-0.010
A	0.100	-0.166	-0.115	0.570
L	-0.158	<u>-0.954</u>	-0.095	0.016
Ar	0.128	<u>0.951</u>	0.131	-0.164
Est	0.291	-0.144	-0.109	-0.533
Sp	-0.266	0.302	0.376	-0.316

matter and carbon content as well as the highest temperatures and lowest humidity indices.

In the plane defined by the clay/lime and temperature/humidity variables (axes II and III, respectively) the sampling stations which are on the positive side of both axes correspond to the more humid and temperate habitats (Fig. 2,3). These habitats also have a greater percentage of lime than clay. The cultivated fields with more clayey soils are found on the negative side of axis II (Fig. 2,1). There were no significant differences in the distribution of the forest stations with respect to these variables.

The graphs obtained for axes I-IV, II-IV and III-IV show that soil pH (associated with factor 4) does not influence the distribution of the sampling stations (Fig. 2,4 and 3 respectively). The separation found in fig. 3,6 is due to soil texture.

The results show that there are significant differences between the sampling stations when some physical-chemical variables such as soil texture, temperature and humidity are analysed. This determines that different groups of species can colonize them, as will be shown in the following sections.

2. Analysis of the abiotic factors as possible agents in the selection of habitat

In order to analyse the possible influence of the abiotic factors on the distribution of the carabid beetle, an overall matrix of quantitative and dichotomic qualitative data (0 and 1) was developed. The quantitative data correspond to the physical-chemical variables (environmental and edaphic) tested at each station and the qualitative one to the presence or absence of the species.

A Canonical Correlation Analysis was carried out with data from the matrix using the BMDP Program (Dixon, 1982). This program establishes the degree of dependence between the variables from the data of the first set (environmental parameters) and the second one (species). This dependence may be inferred from the following information :

First, a linear correlation matrix between all the variables themselves relating them to the level of probability $\geq 90\%$ ($n = 73, p \leq 0.2$).

a) variables corresponding to the sampling stations themselves :

- temperature and humidity (negative correlation)
- clay and lime percentage (negative correlation)
- organic matter and carbon content (positive correlation)

b) variables corresponding to the sampling station and the species present :

- humidity is correlated to the species *Chlaenius vestitus*, *Stenolophus teutonius*, *Ocydromus maroccanus*, *O. coeruleus*, *O. dalhi* and *Tachyura inaequalis*.
- structure is correlated to the species *Licinus granulatus*, *Synechostictus elongatus*, *Bemdidium quadripustulatum*, *Ocydromus coeruleus*, *O. ustulatus*, *O. genei*, *Tachyura inaequalis*, *Ocys harpaloides* and *Asaphidion stierlini*.

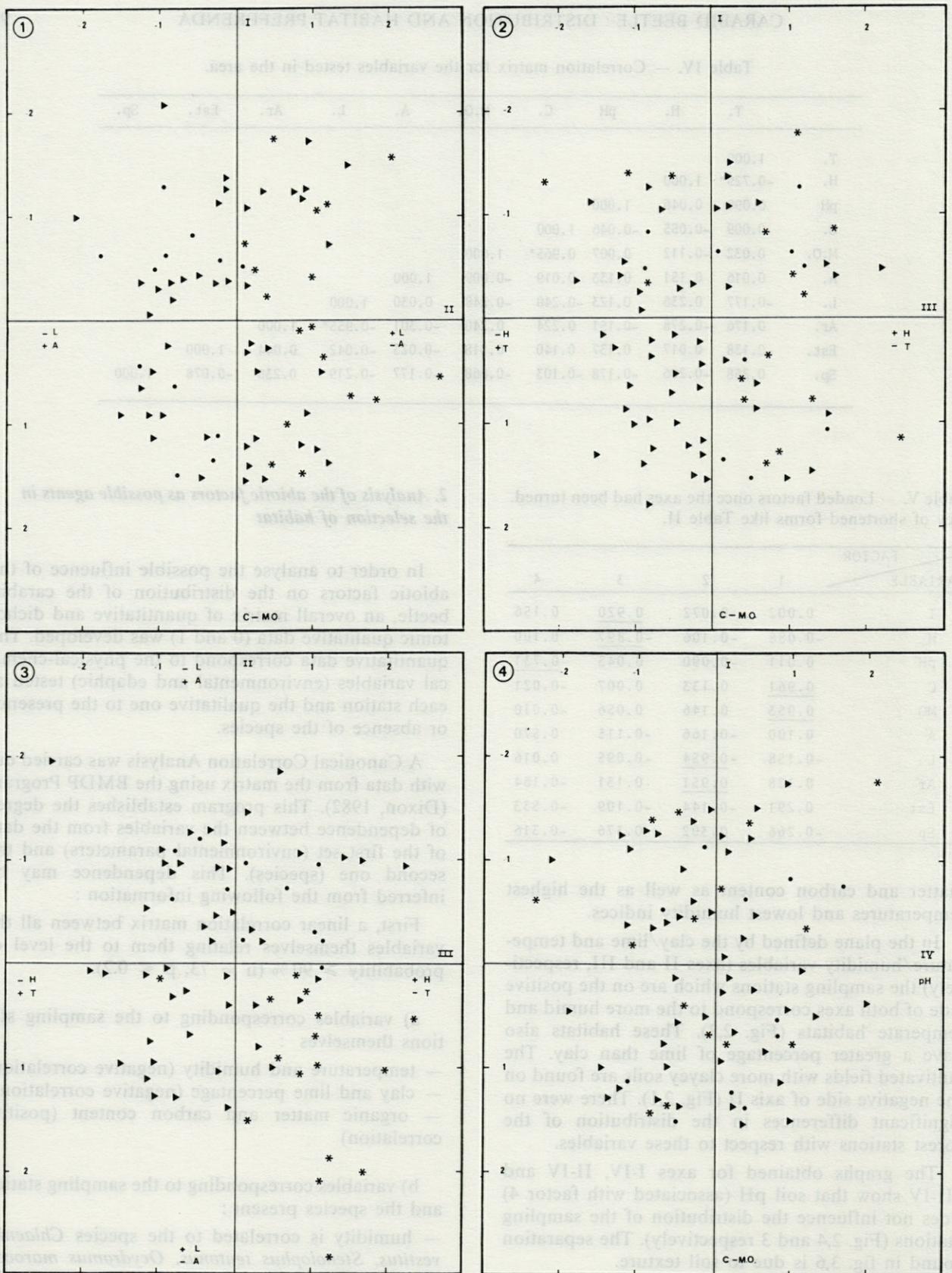


Fig. 2. — 1, representation in the plane defined by I and II axes of the sampling stations. forest stations; ▲ wet stations; ● cultivated land; C : carbon content; M.O. : organic matter; T : temperature; H : humidity. 2, representation in the plane defined by I and III axes of the sampling stations. Symbol key like fig. 2,1. 3, representation in the plane defined by II and III axes of the sampling stations. Symbol key like fig. 2,1. 4, representation in the plane defined by I and IV axes of the sampling stations. Symbol key like fig. 2,1.

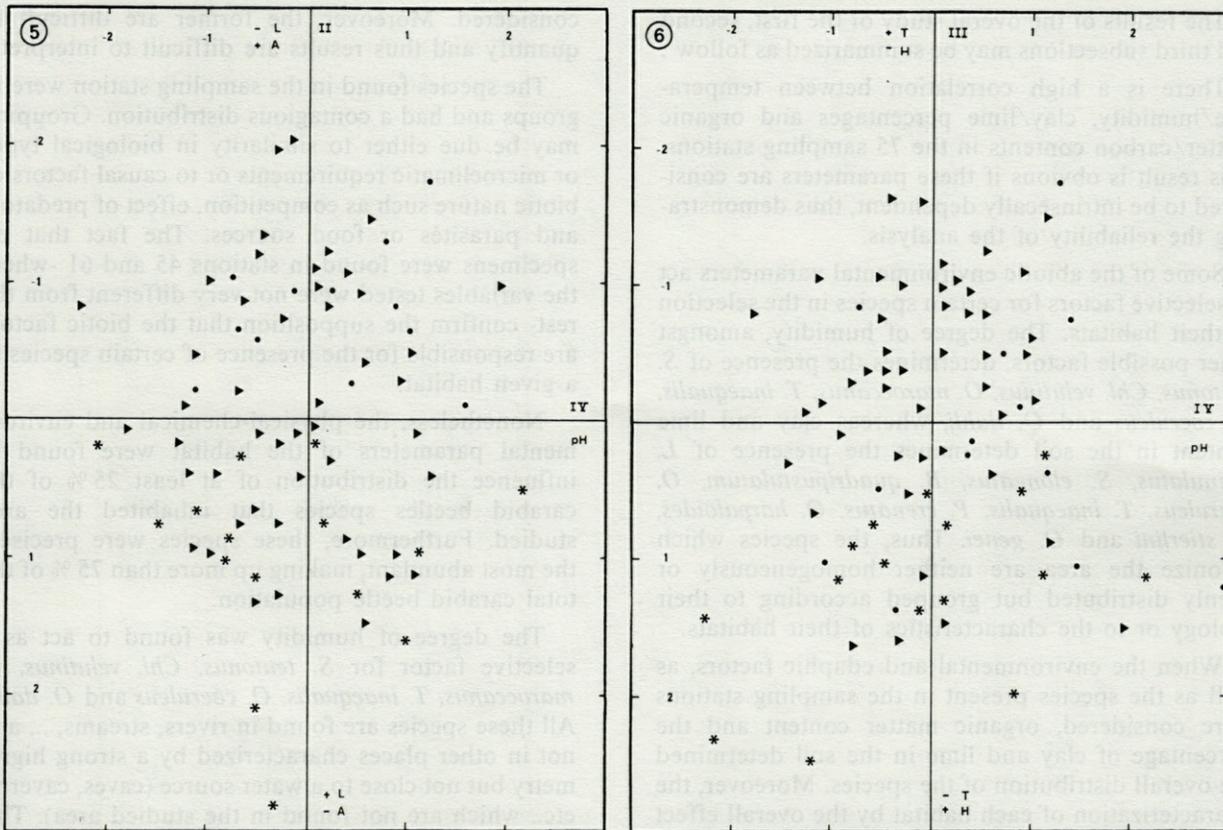


Fig. 3. — 5, representation in the plane defined by II and IV axes of the sampling stations. Symbol key like fig. 2,1. 6, representation in the plane defined by III and IV axes of the sampling stations. Symbol key like fig. 2,1.

c) variables corresponding to the species themselves.

Second, a canonical correlation matrix between each variable from the first group (physical-chemical) with all those from the second one (species), basing the canonical values on the last one. Data were obtained from this correlation for the values of the statistical parameter « F » (Ostle, 1965). This parameter was significant only for organic matter content (75 % probability and 71 degrees of freedom) and texture (90 % probability and 3 degrees of freedom).

These « F » values were not significant in any of the other variables. Thus it may be inferred that they do not influence or influence minimally in the distribution of the species (Table VI).

Third, a correlation matrix of the each variable in the second group (species) with all those from the first group (physical-chemical) basing the canonical values on the last one.

The « F » test was significant (with 10 and 64 degrees of freedom at 99 % ($p \geq 0.01$, $F = 0.380$) for *Steropus globosus*, at 95 % ($p \geq 0.05$, $F = 0.502$) for *Perileptus areolatus*, at 90 % ($p \geq 0.1$, $F = 0.586$) for *Dyschirius chalybaeus*, *Orthomus barbarus*, *Platysma nigrita*, *Calathus granatensis*, *Carierus tricuspis-*

Table VI. — Statistical parameter « F » values and their significance for the physical-chemical variables.

VARIABLE	STATISTIC "F"
T	2.34
H	5.26
pH	2.11
C	3.82
MO	0.75 *
A	0.63 **
L	6.52
Ar	2.04
Est	1.70

atus, *Lebia cyanocephalus*, *Microlestes corticalis*, *M. luctuosus*, *M. nigrita* and *M. abeillei*; at 75 % ($p \geq 0.025$, $F = 0.770$) for *L. fulvibarbis*, *Trepanes articulatus*, *O. hispanicus*, *Odontonyx fuscatus*, *Platyderus* sp., *Calathus circumseptus* and *Amara anthobia* ; at 50 % ($p \geq 0.50$, $F = 1.060$) for *Phyla tethys*, *O. maroccanus*, *A. ruficornis*, *Harpalus distinguendus*, *L. granulatus*, *Zabrus ignavus*, *Z. rotundatus*, *Bradycellus verbasci* and *Callistus lunatus*.

This last matrix is included in the annex at the end of the paper.

The results of the overall study of the first, second and third subsections may be summarized as follow :

There is a high correlation between temperature/humidity, clay/lime percentages and organic matter/carbon contents in the 75 sampling stations. This result is obvious if these parameters are considered to be intrinsically dependent, thus demonstrating the reliability of the analysis.

Some of the abiotic environmental parameters act as selective factors for certain species in the selection of their habitats. The degree of humidity, amongst other possible factors, determines the presence of *S. teutonius*, *Chl. velutinus*, *O. maroccanus*, *T. inaequalis*, *O. coeruleus* and *O. dahli*, whereas clay and lime content in the soil determines the presence of *L. granulatus*, *S. elongatus*, *B. quadripustulatum*, *O. coeruleus*, *T. inaequalis*, *P. crenatus*, *O. harpaloides*, *A. stierlini* and *O. genei*. Thus, the species which colonize the area are neither homogeneously or evenly distributed but grouped according to their biology or to the characteristics of their habitats.

When the environmental and edaphic factors, as well as the species present in the sampling stations were considered, organic matter content and the percentage of clay and lime in the soil determined the overall distribution of the species. Moreover, the characterization of each habitat by the overall effect of the physical-chemical parameters determined that the habitat could be colonized (at different probability levels) by a given group of species. The following species were the ones most influenced by the characteristic of the habitat : *S. globosus*, *P. aerolatus*, *D. chalybaeus*, *O. barbarus*, *P. nigrita*, *C. granatensis*, *C. tricuspoidatus*, *L. cyanocephala*, *M. corticalis*, *M. negrita* and *M. abeillei*.

DISCUSSION

From our study, it is possible to differentiate the randomly distributed sampling stations in an apparently uniform geographical, edaphic, climatic and vegetative area according to physical-chemical and edaphic variables.

Amongst the different factors which can be registered in a given area, the ones chosen were used for the following reasons :

a) most of them had been studied under laboratory conditions as was already mentioned. Results from these works has shown a preference or non preference to them by certain species and thus we wanted to confirm these data with field studies for other species.

b) these factors are easily measurable and quantifiable and can thus be submitted to analysis and,

c) other factors such vegetation, type of habitat, slope, etc..., are indirectly determined by the ones

considered. Moreover, the former are difficult to quantify and thus results are difficult to interpret.

The species found in the sampling station were in groups and had a contagious distribution. Grouping may be due either to similarity in biological types or microclimatic requirements or to causal factors of biotic nature such as competition, effect of predators and parasites or food sources. The fact that no specimens were found in stations 45 and 61 -where the variables tested were not very different from the rest- confirm the supposition that the biotic factors are responsible for the presence of certain species in a given habitat.

Nonetheless, the physical-chemical and environmental parameters of the habitat were found to influence the distribution of at least 25 % of the carabid beetles species that inhabited the area studied. Furthermore, these species were precisely the most abundant, making up more than 75 % of the total carabid beetle population.

The degree of humidity was found to act as a selective factor for *S. teutonius*, *Chl. velutinus*, *O. maroccanus*, *T. inaequalis*, *O. coeruleus* and *O. dahli*. All these species are found in rivers, streams, ... and not in other places characterized by a strong hygrometry but not close to a water source (caves, caverns, etc.. which are not found in the studied area). This implies that the water source indirectly determines the presence of these species.

On the other hand, soil structure (with respect to clay and lime content is highly correlated to the presence or absence of certain species (*L. granulatus*, *S. elongatus*, *B. quadripustulatum*, *O. coeruleus* ...). This feature probably acts as a physical obstacle in the burial of the eggs or of the species themselves.

In short, from this study and in accordance with Thiele (1977) it may be concluded that the microclimatic factors have a decisive influence on the ecological distribution of most Carabid species. Moreover, in our case in which these factors, isolated or jointly, were related to environmental (climatic) and edaphic (physical-chemical) variables, they were also found to determine in part the distribution and selection of habitat in the Sierra Morena Mountains.

LIST OF SPECIES

CARABIDAE - CARABINAE - Carabini : *Calosoma (Campalita) maderae indagator* (Fabricius, 1787); *Hadrocarabus (Hadrocarabus) lusitanicus latus* (Dejean, 1826); *Hygrocarabus (Rhabdotocarabus) melancholicus costatus* (Germar, 1824); *Macrothorax rugosus* (Fabricius, 1792).

Nebriini : *Nebria (Nebria) salina* Fairmaire and Laboulbène, 1854; *Leistus (Leistus) fulvibarbis* Dejean, 1826.

Notiophilini : *Notiophilus geminatus* Dejean, 1831; *Notiophilus biguttatus* (Fabricius, 1779); *Notiophilus quadripunctatus* Dejean, 1826.

Scartini : *Dyschirius (Dyschirius) punctatus* (Dejean, 1825); *Dyschirius (Dyschirius) hispanus* Putzey, 1866.

HARPALINAE - Trechini : *Perileptus areolatus* (Creutzer, 1799); *Trechus (Trechus) fulvus* Dejean, 1831; *Trechus (Trechus) quadristriatus* (Schrank, 1781); *Trechus (Trechus) obtusus* Erichson, 1837.

Bembidiini : *Typhlocharis baetica* Ehlers, 1883; *Eotachys bistriatus* (Duftschmid, 1831); *Tachyura parvula* (Dejean, 1831); *Tachyura lucasi* (Jacquelin-Duval, 1852); *Tachyura inaequalis* (Kolenati, 1845); *Tachyta nana* (Gyllenhal, 1810); *Ocys harpaloides* (Serville, 1821); *Asaphidion stierlini* (Heyden, 1880); *Asaphidion curtum* (Heyden, 1870); *Asaphidion rosii* (Schaum, 1857); *Metallina lampros* Herbst, 1784; *Metallina (Neja) ambiguus* Dejean, 1831; *Phyla tethys* (Netolitzky, 1926); *Notaphus varius* (Olivier, 1795); *Emphanes (Emphanes) latiplaga* Chaudoir, 1850; *Trepanes (Trepanes) maculatus* (Dejean, 1831); *Philochthus iricolor* (Bedel, 1879); *Philochthus lunulatus* (Fourcroy, 1785); *Bembidion quadripustulatum* Serville, 1823; *Princidium (Testedium) laetum* Brullé, 1838; *Princidium (Actedium) paulinoi* Heyden, 1870; *Ocydromus (Ocydromus) decorus* (Zenker, 1801); *Ocydromus (Nepha) genei* (Küster, 1847); *Ocydromus (Nepha) lateralis* (Dejean, 1831); *Ocydromus (Peryphus) ustulatus* (Linné, 1758); *Ocydromus (Peryphus) hispanicus* (Dejean, 1831); *Ocydromus (Benbidionetolitzkya) coeruleus* (Serville, 1826); *Ocydromus (Peryphanes) maroccanus* Antoine, 1923; *Synechostictus elongatus* (Dejean, 1831); *Synechostictus cribrum* (Jacquelin-Duval, 1851); *Synechostictus dalhi* (Dejean, 1831).

Patrobini : *Penetretus rufipennis* (Dejean, 1828)

Pterostichini : *Abacetus salzmanni* (Germar, 1824); *Poecilus (Poecilus) kugelanni* (Panzer, 1797); *Poecilus (Poecilus) cupreus* (Linné, 1758); *Poecilus (Poecilus) quadricollis* (Dejean, 1828); *Poecilus (Angoleus) crenatus* (Dejean, 1838); *Poecilus (Angoleus) baeticus* (Rambur, 1838); *Orthomus barbarus* (Dejean, 1828); *Argutor (Omaseus) aterrimus nigerrimus* (Dejean, 1828); *Percus (Pseudopercus) politus* (Dejean, 1831); *Platysma (Melanius) nigrata* (Fabricius, 1792); *Steropus (Corax) globosus* (Fabricius, 1792); *Odontonyx elongatus* (Wollaston, 1854); *Odontonyx fuscatus* (Dejean, 1828); *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763); *Anchus ruficornis* (Goeze, 1777); *Platyderus saezi* Vuillefroy, 1868; *Calathus (Calathus) circumseptus* Germar, 1824; *Calathus (Calathus) piceus* (Mars-

ham, 1802); *Calathus (Calathus) ambiguus* (Paykull, 1790); *Calathus (Calathus) granatensis* Vuillefroy, 1866; *Calathus (Calathus) baeticus* Rambur, 1824; *Pristonychus (Laemosthenus) complanatus* Dejean, 1828.

Amarini : *Amara (Amara) aenea* (De Geer, 1774); *Amara* sp., *Amara (Amara) anthobia* (Villa, 1833); *Amara (Amara) eurynota* (Panzer, 1797).

Zabrini : *Zabrus (Zabrus) ignavus* Csiki, 1907; *Zabrus (Iberozabrus) rotundatus* (Rambur, 1842).

Harpalini : *Carterus tricuspis* (Fabricius, 1792); *Ditonus clypeatus* (Rossi, 1790); *Ditonus sphaerocephalus* (Olivier, 1795); *Ophonus (Pseudophonus) griseus* (Panzer, 1787); *Harpalus (Harpalus) tenebrosus* (Dejean, 1829); *Harpalus (Harpalus) distinguendus* (Duftschmid, 1812); *Bradycellus verbasci* (Duftschmid, 1812); *Acupalpus brunneipes* (Sturm, 1828); *Egadroma marginatum* (Dejean, 1829); *Stenolophus skrimshiranus* Stephens, 1828; *Stenolophus teutonius* (Schrank, 1781); *Stenolophus abdominalis* Gene, 1836.

Licinini : *Licinus punctatulus granulatus* Dejean, 1826.

Oodini : *Lonchosternus hispanicus* (Dejean, 1826).

Callistini : *Chlaenius (Chlaenius) velutinus* (Duftschmid, 1812); *Chlaenius (Chlaeniellus) vestitus* (Paykull, 1790); *Chlaenius (Chlaeniellus) olivieri* Crotch, 1870; *Callistus lunulatus* (Fabricius, 1775).

Masoreini : *Masoreus wetterhalli* (Gyllenhal, 1813).

Lebiini : *Lebia (Lamprias) cyanocephala* (Linné, 1758); *Singilis soror* Rambur, 1839; *Singilis bicolor* Rambur, 1839; *Trymosternus onychinus plicipennis* Chaudoir, 1837; *Demetrius atricapillus* (Linné, 1758); *Lionychus albonotatus* (Dejean, 1825); *Apristus europaeus* Mateu, 1980; *Mesolestes scapularis* (Dejean, 1829); *Microlestes corticalis* (Dufour, 1820); *Microlestes* sp.; *Microlestes negrita* Wollaston, 1854; *Microlestes luctuosus* Holdhaus, 1904; *Microlestes ibericus* Holdhaus, 1912; *Microlestes abeillei* (Brisout, 1885); *Syntomus fuscomaculatus* (Motschoulsky, 1844); *Syntomus foveatus* (Fourcroy, 1785); *Syntomus obscuroguttatus* (Duftschmid, 1812); *Metadromius ramburi* La Brulerie, 1867; *Polystichus connexus* (Fourcroy, 1785);

Pheropsophini : *Pheropsophus hispanicus* (Dejean & Latreille, 1823).

Brachinini : *Brachinus (Brachinus) sclopeta* (Fabricius, 1792); *Brachinus (Pseudaptinus) bellicosus* Dufour, 1826.

REFERENCES

- ALLISON L.E., 1965. Organic Carbon in Method of soil Analysis. Madison. Wisconsin : 1367-1378.
- ANTOINE M., 1955. Coléoptères Carabiques du Maroc (1ère partie). *Mém. Soc. Scien. Nat. Phys. Maroc*, (N.S.), Zool., 1 : 1-176.
- ANTOINE M., 1962. Coléoptères Carabiques du Maroc (5e partie). *Mém. Soc. Scien. Nat. Phys. Maroc*, (N.S.), Zool., 9 : 534-694.
- BECKER J., 1975. Art und Ursachen der Habitatbindung Bodenarthropoden (Carabidae, Coleoptera, Diplopoda, Isopoda) xerotermer standorte in der Eifel. *Beitr. Landespflege Rhld. Pfalz*, 4 : 89-140.
- CABANAS R., 1962. Notas para el estudio de las comarcas naturales de la provincia de Córdoba. *Estudios geológicos*, 68 : 353-387. C.S.I.C. Madrid.
- C.E.B.A.C., 1971. Estudio Agrobiológico de la provincia de Córdoba. C.S.I.C. Sevilla Publ. Exma. Diputación Provincial de Córdoba, 401 p.
- DE LA FUENTE, J.M., 1930. Tablas Analíticas para la clasificación de los Coleópteros de la Península Ibérica. Cicindelidae Carabidae. *Altés*. Barcelona, 414 p.
- DIXON J.W., 1981. BMDP Statistical Software. Univ. California Press. Berkeley. Los Angeles.
- FRANE J. and HILL R., 1975. Biomedical Computer Programs, Univ. California Press., Los Angeles.
- FREUDE H., HARDE W.K. and LOSHE G.A., 1976. Die Käfer Mitteleuropas. Band 2. Adepha gal. Goeke & Evers. Krefeld, 301 p.
- GUITIAN F. and CARBALLAS T., 1976. Técnicas de Análisis de Suelos. Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela. 678 p.
- JEANNE C., 1965. Carabiques de la Péninsule Ibérique (2e note). *Act. Soc. Lin. Bordeaux* 102, sér. A, 10.
- JEANNE C., 1980. Carabiques de la Péninsule Ibérique (3e supp.). *Bull. Soc. Lin. Bord.*, 8 : 21-47.
- JEANNEL R., 1941. Faune de France. Coléoptères Carabiques, 39, Lib. Fac. Sci. Paris. 571 p.
- JEANNEL R., 1942. Faune de France. Coléoptères Carabiques, 40, Lib. Fac. Sci. Paris. 603 p.
- KIRCHNER H., 1960. Untersuchungen zur Ökologie Feldbewohnender Carabiden. Dissertation, Cologne.
- KROGERUS R., 1932. Ueber die Ökologie und Verbreitung der Arthropoden der Trieb sandgebiete aus den Küsten Finnland. *Acta Zool. Fenn.*, 12 : 1-308.
- KROGERUS R., 1960. Ökologische Studien über nordische Moorarthropoden. *Commentat Biol.*, 21 : 105-178.
- LARSEN E., 1936. Biologische Studien über die Käfer auf Skallingen. *Vid. Med. fra. Dausk. Nat. For Ikgoben*, 100 : 1-123.
- LAUTERBACH A.W., 1964. Verbreitungs und Aktivitätsbestimmende Faktoren bei Carabiden in Sauerländischen. *Wäldern. Abhandl. Landemus Naturk. Münster*, 26 : 1-100.
- LINDROTH C.H., 1945. Die Fenoscanadischen Carabidae. *Kungl. Vetensk. Vitterh. Samh. Handl.* (ser. B4) 1, Spezieller Teil, 1-179.
- LINDROTH C.H., 1949. Die Fenoscanadischen Carabidae. *Kungl. Vetensk. Vitterh. Samh. Handl.*, 3, Allgemeiner Teil. : 1-911.
- MARVIZON-PRENEY J. and FERNANDEZ CARO J., 1981. Clasificación climática de Andalucía. In Enciclopedia de Andalucía. II. Ed. Anel. S.A. Sevilla.
- NOVOA F., 1977. Los Carabidae de la Sierra del Guadarrama. III. Claves de determinación de las especies. *Trab. Dep. Zool. Univ. Comp. Madrid*, 15 : 1-143.
- OTSLE B., Estadística Aplicada. Ed. Limusa-Wiley, S.A. Méjico.
- PEREZ ZABALLOS J.M., 1983. Los Carabidae de las dehesas de encina de la provincia de Salamanca. *Bol. As. esp. Ent.*, 6 (2) : 295-326.
- PIETRASZKO R. and DE CLERQ R., 1980. Etude de la population d'arthropodes épigés dans les cultures agricoles au cours de la période 1974-78. *Rev. Agricult.*, 4(3) : 720-723.
- THIELE H.U., Carabid Beetles in their environments. Springer Verlag. Berlin. 369 p.

Reçu le 29 janvier 1987; received January 29, 1987.

Accepté le 22 juin 1987; accepted June 22, 1987.

Annex. — Squared multiple correlations of each variable in the second set with all variables in the first set.

VARIABLE	R-SQUARED	ADJUSTED R-SQUARED	F STATISTIC	DEGREES OF FREEDOM	P-VALUE	VARIABLE	R-SQUARED	ADJUSTED R-SQUARED	F STATISTIC	DEGREES OF FREEDOM	P-VALUE		
11 (x)11	0.160818	0.029696	1.23	10	64	0.2917	60 (x)60	0.079474	-0.064358	0.55	10	64	0.8458
12 (x)12	0.198871	0.073695	1.59	10	64	0.1303	61 (x)61	0.235222	0.115725	1.97	10	64	0.0517
13 (x)13	0.107263	-0.032228	0.77	10	64	0.6577	62 (x)62	0.204192	0.079847	1.64	10	64	0.1149
14 (x)14	0.154146	0.021981	1.17	10	64	0.3298	63 (x)63	0.075985	-0.068392	0.53	10	64	0.8653
15 (x)15	0.366661	0.267702	3.71	10	64	0.0006	64 (x)64	0.153961	0.021768	1.16	10	64	0.3309
16 (x)16	0.070896	-0.074276	0.49	10	64	0.8916	65 (x)65	0.040681	-0.109213	0.27	10	64	0.9853
17 (x)17	0.119025	-0.018627	0.86	10	64	0.5700	66 (x)66	0.105482	-0.034287	0.75	10	64	0.6708
18 (x)18	0.101779	-0.038568	0.73	10	64	0.6979	67 (x)67	0.116877	-0.021110	1.85	10	64	0.5860
19 (x)19	0.133134	-0.002314	0.98	10	64	0.4672	68 (x)68	0.455808	0.370777	5.36	10	64	0.0000
20 (x)20	0.215591	0.093027	1.76	10	64	0.0867	69 (x)69	0.073198	-0.071615	0.51	10	64	0.8801
21 (x)21	0.063538	-0.081784	0.43	10	64	0.9243	70 (x)70	0.087144	-0.055490	0.61	10	64	0.7989
22 (x)22	0.243161	0.124904	2.06	10	64	0.0415	71 (x)71	0.316107	0.209248	2.96	10	64	0.0041
23 (x)23	0.132353	-0.003217	0.98	10	64	0.4727	72 (x)72	0.148656	0.015633	1.12	10	64	0.3633
24 (x)24	0.046220	-0.102808	0.31	10	64	0.9759	73 (x)73	0.184447	0.057017	1.45	10	64	0.1805
25 (x)25	0.195290	0.069554	1.55	10	64	0.1416	74 (x)74	0.150822	0.018138	1.14	10	64	0.3499
26 (x)26	0.157644	0.026026	1.20	10	64	0.3095	75 (x)75	0.255189	0.138812	2.19	10	64	0.0294
27 (x)27	0.111336	-0.027518	0.80	10	64	0.6274	76 (x)76	0.064007	-0.082242	0.44	10	64	0.9224
28 (x)28	0.143269	0.009405	1.07	10	64	0.3980	77 (x)77	0.218215	0.096061	1.79	10	64	0.0811
29 (x)29	0.181099	0.053146	1.42	10	64	0.1940	78 (x)78	0.100436	-0.040121	0.71	10	64	0.7076
30 (x)30	0.175189	0.046313	1.36	10	64	0.2196	79 (x)79	0.089465	-0.052806	0.63	10	64	0.7837
31 (x)31	0.142655	0.008694	1.06	10	64	0.4020	80 (x)80	0.103362	-0.036738	0.74	10	64	0.6864
32 (x)32	0.169969	0.040276	1.31	10	64	0.2442	81 (x)81	0.115137	-0.023122	0.83	10	64	0.5990
33 (x)33	0.353046	0.251959	3.49	10	64	0.0010	82 (x)82	0.071520	-0.073556	0.49	10	64	0.8885
34 (x)34	0.131251	-0.004492	0.97	10	64	0.4806	83 (x)83	0.131973	-0.003656	0.97	10	64	0.4754
35 (x)35	0.100720	-0.039792	0.72	10	64	0.7856	84 (x)84	0.109341	-0.029824	0.79	10	64	0.6422
36 (x)36	0.251429	0.134465	2.15	10	64	0.0328	85 (x)85	0.148117	0.015011	1.11	10	64	0.3667
37 (x)37	0.139041	0.004516	1.03	10	64	0.4262	86 (x)86	0.142900	0.008984	1.07	10	64	0.4004
38 (x)38	0.057654	-0.089587	0.39	10	64	0.9458	87 (x)87	0.307920	0.199783	2.85	10	64	0.0054
39 (x)39	0.214190	0.091407	1.74	10	64	0.0899	88 (x)88	0.280583	0.168174	2.70	10	64	0.0135
40 (x)40	0.088217	-0.054249	0.62	10	64	0.7919	89 (x)89	0.300960	0.191735	2.76	10	64	0.0069
41 (x)41	0.214088	0.091289	1.74	10	64	0.0901	90 (x)90	0.258066	0.142139	2.23	10	64	0.0270
42 (x)42	0.121314	-0.015980	0.88	10	64	0.5530	91 (x)91	0.373221	0.275286	3.81	10	64	0.0005
43 (x)43	0.130148	-0.005767	0.96	10	64	0.4885	92 (x)92	0.181391	0.053483	1.42	10	64	0.1928
44 (x)44	0.234933	0.115391	1.97	10	64	0.0522	93 (x)93	0.245683	0.127821	2.08	10	64	0.0387
45 (x)45	0.286413	0.174915	2.57	10	64	0.0112	94 (x)94	0.077526	-0.066610	0.54	10	64	0.8569
46 (x)46	0.060228	-0.086611	0.41	10	64	0.9369	95 (x)95	0.188696	0.061930	1.49	10	64	0.1644
47 (x)47	0.187325	0.060344	1.48	10	64	0.1695	96 (x)96	0.140150	0.005798	1.04	10	64	0.4187
48 (x)48	0.281971	0.169779	2.51	10	64	0.0129	97 (x)97	0.244899	0.126914	2.08	10	64	0.0395
49 (x)49	0.258932	0.143130	2.24	10	64	0.0263	98 (x)98	0.292340	0.181768	2.64	10	64	0.0092
50 (x)50	0.255335	0.138981	2.19	10	64	0.0292	99 (x)99	0.113241	-0.025315	0.82	10	64	0.6132
51 (x)51	0.147807	0.014652	1.11	10	64	0.3687	100 (x)100	0.107263	-0.032228	0.77	10	64	0.6577
52 (x)52	0.209889	0.086434	1.70	10	64	0.1000	101 (x)101	0.129004	-0.007089	0.95	10	64	0.4967
53 (x)53	0.092311	-0.049516	0.65	10	64	0.7647	102 (x)102	0.211908	-0.088769	1.72	10	64	0.0951
54 (x)54	0.174422	0.045426	1.35	10	64	0.2231	103 (x)103	0.214527	0.091797	1.75	10	64	0.0891
55 (x)55	0.116877	-0.021110	0.85	10	64	0.5860	104 (x)104	0.188471	0.061669	1.49	10	64	0.1652
56 (x)56	0.158682	0.027226	1.21	10	64	0.3036	105 (x)105	0.067919	-0.077719	0.47	10	64	0.0056
57 (x)57	0.311272	0.203659	2.89	10	64	0.0048	106 (x)106	0.353755	0.252780	3.50	10	64	0.0010
58 (x)58	0.161132	0.030058	1.23	10	64	0.2900	107 (x)107	0.258024	0.142090	2.23	10	64	0.0270
59 (x)59	0.268698	0.154432	2.35	10	64	0.0196	108 (x)108	0.238475	0.119487	2.00	10	64	0.0473

PRESENT STATE OF SEAWEED PRODUCTION ALONG THE ROMANIAN BLACK SEA SHORE

Alexandru S. BOLOGA

Romanian Marine Research Institute,
RO-8700 Constantza 3, Romania

MACROPHYTES
ECOLOGIE
BIOMASSE
PRODUCTION
MER NOIRE
COTE ROUMAINE

RÉSUMÉ — Le long du littoral Roumain de la mer Noire, les fonds rocheux, substrat idéal où se fixent les macrophytes, ont des dimensions variables et ne sont pas uniformes. Depuis la période 1946-1950, ces macrophytes sont sujet à un déclin quantitatif et qualitatif causé par des facteurs naturels et anthropiques. Ont également disparu, les colonies importantes de *Cystoseira* et de nombreuses espèces d'autres Phéophycées et Rhodophycées. En général, la flore algale actuelle est uniforme et se compose d'espèces d'*Enteromorpha* et de *Ceramium*. Ces Algues ont des cycles de vie courts et saisonniers, leur dominance vis-à-vis d'autres espèces engendre une production considérable (80 % environ de la biomasse algale totale), qui n'égale pas les productions antérieures des colonies de *Cystoseira*.

MACROPHYTA
ECOLOGY
BIOMASS
PRODUCTION
BLACK SEA
ROMANIAN COAST

ABSTRACT — Along the Romanian Black Sea shore the rocky bottom which is a substrate for benthic seaweeds, is discontinuous and variable in width. These macrophytes have endured a gradual, but continuous qualitative and quantitative decline since the period 1946-1950, due to both natural and anthropomorphic factors. The large belts of *Cystoseira* have practically disappeared as well as those of numerous other Phaeophyta and Rhodophyta species. The present algal flora, which displays a reduced species diversity, is uniform and is mainly dominated by species of *Enteromorpha* and *Ceramium*. These dominant species, with short and more or less seasonal life cycles, display considerable production and degrees of cover up to 80%; nevertheless, they do not reach those of the *Cystoseira* belts from previous decades.

INTRODUCTION

The importance of the macrophytobenthic flora -seaweeds and phanerogames - within the whole bioproductive balance of the marine environment, especially of the shallow waters, has become more obvious at present.

The supra-, medio- and infralittoral zones along the Romanian Black Sea shore (Fig. 1), between Cape Midia (44°20' N) and Vama Veche (43°45' N), are characterized by a rocky compact bottom which is discontinuous, has variable width, and represents the most complex biotic environment of the benthos. The macrophytes are in their turn another type of living substrate. The interspecific relations among the macro- and microphytic species, as well as among them and associated fauna, induced complex ecological relationships.

The rocky supralittoral of the Romanian shore - consisting of sarmathic limestone - is less interesting from the macrophytic view-point.

The rocky mediolittoral generally presents a peculiar character in the Black Sea, covering a surface of 2 to 10 m width, in the wave zone. The qualitative enrichment of the flora begins with increasing depth. The populations of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. and *E. linza* (L.) J. Ag. during the whole year, or those of *Porphyra leucosticta* Thur. in the autumn and winter are representative for this zone.

The rocky infralittoral also emphasizes a biotop with large physical variations, concerning the nature and extent of the substrate. Here the substrate offered by the algal flora conditions the settlement of a permanent or temporary associated fauna depending on the life span of the living substrate. For ex., *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag., *Laurencia coronopus* J. Ag. and *Phyllophora brodiaei* (Turn.) J. Ag., *Ph. membranifolia* (Good. and Wood.) J. Ag., *Ph. nervosa* (DC.) Grev. are perennial, and others are seasonal.

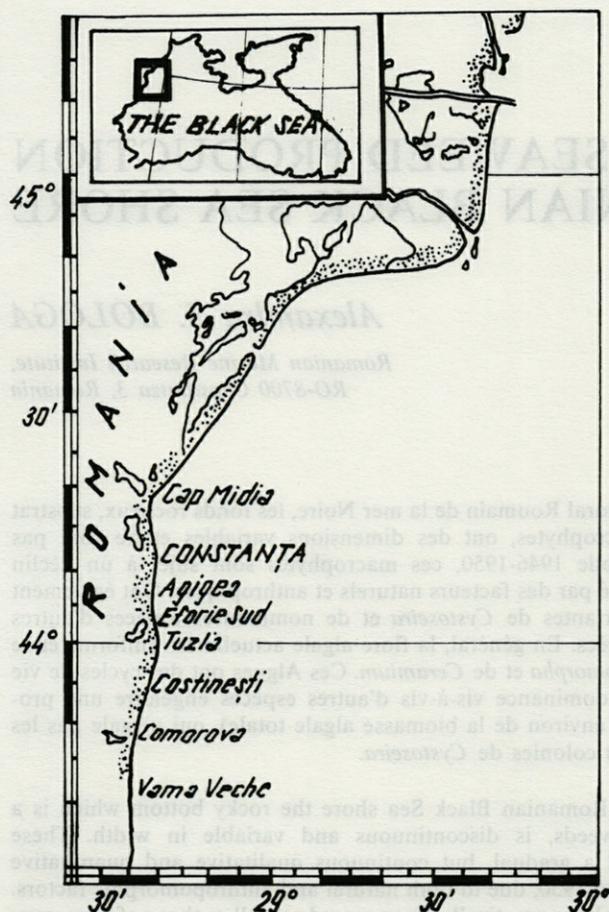


Fig. 1. — Stations of seaweed samplings along the Romanian coast of the Black Sea.

MATERIAL AND METHODS

Macrophytes were sampled along the whole Romanian coast in order to obtain quantitative assessments, in all seasons, mainly during the last three decades.

The dynamics of seaweed communities was studied by biomass estimates, in various sites, from the shore till 8-9 m depth. The quantity of a seaweed in a specific area was cropped at regular intervals (monthly) throughout the year and weighed (g m^{-2}) (Bellamy *et al.*, 1973). Computation of mean annual productions were based on biomass estimates.

Production expressed as organic weight (mg C) of three common species was obtained indirectly by means of chlorophyll *a* determinations (Vollenweider, 1969).

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE STATE OF THE ALGAL FLORA

Since 1935 (Celan, 1935) up to now, along the Romanian shore 157 species of macrophytes have been identified (Celan and Bavaru, 1973, 1978): 49 Chlorophyta, 1 Xanthophyta, 28 Phaeophyta and 79 Rhodophyta. Their total number decreased with time to 77 (Skolka, 1969). More recently, for the period between 1970 and 1981, 69 species have been recorded (Vasiliu, 1984). Consequently, the benthic algal flora has endured a gradual, but continuous decline since the years 1946/1950 (Celan, 1977). This decline became evident both quantitatively and qualitatively (Celan *et al.*, 1979). Its accentuation during the last decade is due to natural and anthropomorphic factors that have disturbed the quality of the marine environment (e.g. hard frosts, silting of the rocky bottom by suspended matter, lowering of light energy penetration through the water column due to the mentioned material, increase of eutrophication, etc...).

The uniform aspect of the present algal flora is due to the total, or almost total disappearance of an important number of species during the last 30 to 35 years.

Thus, the almost complete disappearance of the former important *Cystoseira* Ag. belts has firstly to be mentioned. *C. barbata*, sometimes associated with *C. bosporica* Sauv. (*C. crinita* Bory), has represented the dominant perennial phyto-benthic species along the Romanian shore. They have played an important ecological part, especially as substrate for the mass development of other epiphytic macrophytes (Müller *et al.*, 1969; Bologa, in press).

The disappearance of a high number of Phaeophyta and Rhodophyta is many times directly related to the decline of the *Cystoseira* belts.

The phanerogames *Zostera marina* L. and *Z. nana* Roth have also endured a considerable decline.

Now a higher species diversity is peculiar only to the southern sector of the Romanian shore; the investigations in this sector, performed between June and September 1982, have shown the presence of only 24 taxa (Celan and Bologa, 1983): 1 Cyanophyta, 11 Chlorophyta, 2 Phaeophyta and 10 Rhodophyta.

The reorganization of algal life, imposed by the changes of the environmental factors have particularly affected the diversity, seasonal alternation and abundance or seasonal and annual production, respectively.

As a result of eutrophication increase, an intensification of the production of the persisting macrophytes also took place. The free substrate, previously populated by *Cystoseira*, with a slow growth rate, is covered now along the whole shore by species with

a short life cycle, more or less seasonal, but having a rapid growth. Thus, the most frequent species belong to the genera *Enteromorpha* Link. and *Ceramium* Roth, and to a smaller extent to *Ulva* L., *Cladophora* Kütz., *Porphyra* Ag. and *Callithamnion* Lyngb.

At present from the total amount of species only a very small number produce the present physiognomy of the vegetation; the other species are not visible in a general survey, either because of their very small or microscopical size, or due to their minor weight (*Cystoseira*).

Among the Chlorophyta, *Enteromorpha intestinalis* and *E. linza* have gradually covered greater surfaces as the older algal flora declined, forming a first algal belt. In addition to these, sometimes *E. flexuosa* (Wulf.) J.Ag. and *E. prolifera* (O. Müll.) J.Ag. develop during the warm period of the year. A new fact consists in the penetration of *Enteromorpha* species to depths previously considered as inhospitable (down to 6 m). The development of these species nearshore and near the surface can be generally explained by the positive phototactism of the zoospores and zoogametes of this algae, as well as by their higher resistance to temperature and salinity variations compared to the Rhodophyta.

In the belt of green algae, wider or more restricted according to the season, the species of *Enteromorpha* are often mixed with species of *Cladophora* Kütz., less abundant, especially *Cl. sericea* (Huds.) Kütz. and sometimes *Cl. albida* (Huds.) Kütz. and *Cl. laetevirens* (Dillw.) Kütz. It seems very probable that these species do not succeed in the competition for the substrate due to the presence of *Enteromorpha* and *Ceramium*.

Bryopsis plumosa (Huds.) Ag., during the whole summer season, and *Entocladia viridis* Reinke, endophyte in the cell membranes of *Ceramium* species, can also be mentioned as occurring.

But below this belt of green algae the species of *Ceramium* become absolutely dominant from shallow depths to 8-9 m. These species, in their differing forms and varieties, occupy almost all available areas of the rocky substrate; together with *Enteromorpha*, they dominate the physiognomy of the present vegetation. Among the species of *Ceramium*, the most common and productive are *C. elegans* Ducl., *C. arborescens* J. Ag. and *C. diaphanum* (Lightf.) Roth. Less widespread is *C. rubrum* (Huds.) Ag., that grows mainly in Spring.

The invasion of the rocky substrate by the species of *Ceramium* which can be explained by its very intense asexual and sexual reproductive capacity, is also illustrated by a new phenomenon: the mass development of *Ceramium* species on pound nets, as one meter horizontal strips, in the water mass (Celan and Bologna, 1981). These pound nets looked like natural seaweed cultures on artificial substrates.

Other frequent species during the year, but with minor quantitative weight, are *Polysiphonia denudata* (Dillw.) Kütz., *P. elongata* (Huds.) Harv., *Callithamnion corymbosum* (J.E. Smith) Lyngb. and *Lomentaria clavellosa* (Turn.) Gail.

SEAWEED BIOMASS AND PRODUCTION

Quantitatively, the stocks of the major macrophytes from the Romanian shore have endured a continuous decline.

The biomass of *Cystoseira* (*C. barbata*, *C. bosphorica*) have decreased from 5.400 t fresh weight in 1971/1972, to 755 t in 1973 and 120 t in 1979 (Vasiliu, 1984).

The biomass of *Phyllophora brodiaei*, *Ph. membranifolia* and *Ph. nervosa*, that totalled 1.344×10^3 t in « Zernov's field » from the north-western corner of the Black Sea in 1971/1972, have been estimated on the Romanian shelf as 5.900 t in the same period (Vasiliu, 1984).

The quantitative estimates concerning the macrophytes biomasses along the Romanian shore, to 2 m depth, have indicated values of $4.3 \text{ kg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ at Agigea, 11.4 kg at Eforie Sud and 14.8 kg at Costinești in 1977 (Skolka *et al.*, 1980); these data have proved the rather wide monthly variation of annual biomass and production (Table I).

Table I. — Dynamics of macrophytes biomass (g m^{-2}) along the Romanian shore in 1977 (*cf.* Skolka *et al.*, 1980).

Month	Agigea	Eforie Sud	Costinești
Jan	77	779	408
Feb	325	618	2,789
Mar	131	2,903	1,444
Apr	170	1,129	1,450
May	166	2,067	3,606
Jun	630	1,319	1,801
Jul	1,253	427	1,586
Aug	927	1,104	960
Sep	552	883	749
Oct	40	123	-
Annual production	4,271	11,352	14,793

At Agigea this production is due to a smaller number of more important species as *Enteromorpha linza*, *E. compressa* (L.) Grev., *Cladophora sericea* and to a smaller extent to *Bryopsis plumosa* and *Callithamnion corymbosum*.

At Eforie Sud observations have been carried out as well in a zone exposed to waves (north of the mole) and in a sheltered zone. At the beginning of the year, high biomasses of *Porphyra leucosticta*, reaching 1.836 g m^{-2} , have been recorded in the exposed zone (January), and 1.204 g in the sheltered one (February). The associated species, representing 1 to 2%, have been *Enteromorpha linza*, *Ceramium*

elegans, *C. rubrum*, *Ulothrix pseudoflaccida* Wille, *Rhizoclonium implexum* (Dillw.) Kütz. and *Ectocarpus confervoides* (Roth) Le Jolis. The highest annual biomass (4.908 g m^{-2}) occurred in the exposed zone in the following ratio: *Enteromorpha* 60%, *Ceramium* 25% and *Porphyra* 15%.

The highest biomass in 1977 was recorded at Vama Veche. *Enteromorpha* and *Ceramium* comprised the main weight. Due to the exposed shore, *Porphyra* cannot permanently settle and does not produce high biomasses. More abundant are *Cladophora sericea* + *Cl. albida* and *Bryopsis plumosa* in May.

Excepting the variations due to some local conditions, an intense development of the benthic algal flora is usually recorded during the period February-August; it is more intensive in the southern sector (Vama Veche), where the annual production has exceeded by 3.8 times that of Agigea.

The observations on the macrophytes biomass have been completed by the determination of its vertical distribution during 1978. The biomass increased towards the depths of 3 m, where the conditions are more stable and *Ceramium* becomes dominant. Smaller biomasses were observed at Tuzla and Costinești, due to the exposure of the macrophytes to a stronger wave action (Table II A); the high biomasses of these macrophytes with short life cycles are not comparable with those which were much higher due to the *Cystoseira* belts in the previous decades. For the whole Romanian shore mean annual productions of about 15.700 t fresh weight or 2.429 t dry weight were estimated between 1972 and 1981 (Table II B).

Table II. — A, vertical distribution of macrophytes biomass (g m^{-2}) in July 1978 (cf. Skolka *et al.*, 1980). B, mean annual production (P) and biomass (B) values (t) of the main macrophytes from the Romanian shore between 1971-1982 (cf. Vasiliu, 1984).

A Depth	Agigea	Tuzla	Costinesti	Comorova	Vama Veche
	1 m	2,110	936	202	170
2 m	460	142	267	664	2,883
3 m	4,510	640	430	1,263	3,745

B Macrophyta	Fresh weight		Dry weight		P/B
	P	B	P	B	
<i>Enteromorpha</i>	7,655.8	1,887.0	1,224.9	301.9	4.6
<i>Cladophora</i>	4,566.1	1,856.8	662.0	269.2	2.4
<i>Ceramium</i>	2,455.7	837.4	392.8	134.0	2.9
<i>Porphyra</i>	1,033.3	546.0	149.8	79.1	2.2

The production results based on chlorophyll *a* determinations showed the following mean annual values: *Enteromorpha linza* - 63.3 mg C (1973) or 87 mg (1975), *Cystoseira barbata* - 34.4 mg (1973) or 26.8 mg (1975) and *Ceramium elegans* - 32.1 mg (1975).

Accordingly, among these three species, *Enteromorpha linza* stands out as having the highest production values. These data have been confirmed, as previously shown, by the wider distribution of the green and red algae in all zones with rocky substrate and in almost all seasons. As to *Cystoseira barbata* that previously was the major producer - due to its size, distribution and perennial nature, its chlorophyll *a* concentration is smaller compared to those of the same species from other zones (Table III).

Table III — Chlorophyll *a* concentration values of *Cystoseira barbata* from the Romanian shore and other zones (cf. Bologa, 1980).

Zone	Author	Mean content (mg% d.w.)	Maximum content (mg g ⁻¹ f.w.)
Romanian shore	Bologa, 1973	0.24	0.70
Romanian shore	Bologa, 1975	0.22	0.60
Soviet shore	Iatsenko, 1967	0.63	-
Gulf of Trieste	Lausi, 1967	-	0.95

DISCUSSION

The above results on the macrophytes biomass and production along the Romanian shore show that instead of the former, apparently stable vegetation, a new type of vegetation, with a different composition, physiognomy and production rates have developed. This vegetation is now subjected to the pressure of new ecological factors present in the shallow waters. Its most important feature consists in the very small number of species.

Though numerically reduced, these species show considerable production on the available substrate; the new populations, consisting mainly in *Enteromorpha* and *Ceramium*, display degrees of cover up to 80%.

The biomasses of the existing macrophytes along the Romanian shore do not constitute an object of economic value as a natural resource.

CONCLUSIONS

1. Along the Romanian Black Sea shore a marked quantitative and qualitative decline of the macrophytes has occurred during the last decades.

2. Concomitantly with the disappearance of the former *Cystoseira barbata* belts, representing the main perennial species with a big production and ecological role, a high number of epiphytic or sheltered Phaeophyta and Rhodophyta also disappeared.

3. The present vegetation is characterized by a very uniform aspect due to the small number of component species.

4. This vegetation is dominated by the following species with short and more or less seasonal life cycles, but with high reproductive rates and covering capacity: *Enteromorpha intestinalis*, *E. linza*, *Ceramium elegans* and *C. arborescens*.

5. A stable equilibrium state of the macrophyte algal communities along the Romanian shore has not yet been achieved at the present.

6. The annual production, totalling about 4 kg m⁻² at Agigea, 10 kg at Eforie Sud and 13 kg at Vama Veche, does not reach the production values of the former *Cystoseira* belts.

7. The macrophyte resources along the Romanian shore are not of economic interest.

REFERENCES

- BELLAMY D.J., A. WITTICK, D.M. JOHN and D.J. JONES, 1973. A method for the determination of seaweed production based on biomass estimates. *In* A guide to the measurement of marine primary production under some special conditions, Monogr. on oceanogr. meth. 3, Unesco, Paris : 27-33.
- BOLOGA A.S., 1976. Date asupra conținutului pigmentilor chlorofilieni la unele alge macrofite de la litoralul românesc al Mării Negre. *Cercet. mar.*, 9 supl. : 211-222.
- BOLOGA A.S., 1980. Productivitatea fotosintetică a unor alge macrofite bentale marine. Doct. thesis, Univ. București, 173 p.
- BOLOGA A.S., 1989. Importanța ecologică a algoflorei bentale de la litoralul românesc al Mării Negre. *Hidrobiol.* (in press).
- CELAN M., 1935. Notes sur la flore algologique du littoral Roumain de la mer Noire. *Bull. Sect. sci. Acad. Roum.*, 17 : 81-94.
- CELAN M., 1977. Sur l'appauvrissement de la flore algale des côtes Roumaines de la mer Noire. *Hidrobiol.*, 15 : 61-64.
- CELAN M. and A. BAVARU, 1973. Aperçu général sur les groupements algaux des côtes Roumaines de la mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 21 (9) : 655-656.
- CELAN M. and A. BAVARU, 1978. Sur l'état actuel de la végétation algale du littoral Roumain de la mer Noire. *Cercet. mar.*, 11 : 85-90.
- CELAN M., A. BAVARU and A.S. BOLOGA, 1979. Sur l'état de la végétation algale macrophyte du littoral Roumain de la mer Noire, pendant la période estivale de l'année 1977. *Cercet. mar.*, 12 : 121-128.
- CELAN M. and A.S. BOLOGA, 1981. Un fenomen neobișnuit - dezvoltarea populațiilor de alge macrofite pe plase de taliene. *Lucr. șt. inst. inv. sup., Biol. (Constanța)* : 61-65.
- CELAN M. and A.S. BOLOGA, 1983. Notice sur la flore marine du secteur sud du littoral Roumain de la mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28 (3) : 215-217.
- IATSENKO G.K., 1967. Sezonnaya dinamika fotosinteticheskikh pigmentov nekotorykh chernomorskikh vodoroslej. *In* Vopr. biooceanogr. Izd. « Naukova dumka », Kiev : 143-147.
- LAUSI D., 1967. Quantità di chlorofilla negli ecosistemi bentonici del Golfo di Trieste. *Nov. Thalass.*, 3(3) : 1-29.
- MULLER G.I., H.V. SKOLKA and N. BODEANU, 1969. Date preliminare asupra populațiilor de alge și animale asociate vegetatiei de *Cystoseira barbata* de la litoralul românesc al Mării Negre. *Hidrobiol.*, 10 : 279-289.
- SKOLKA H.V., 1969. A propos de la répartition des Algues macrophytes le long de la côte Roumaine de la mer Noire. *Rev. Roum. Biol., Bot.*, 14 (6) : 363-368.
- SKOLKA H.V., F. VASILIU and A.S. BOLOGA, 1980. Le développement des Algues macrophytes le long du littoral Roumain pendant les années 1977 et 1978. *Cercet. mar.*, 13 : 133-145.
- VASILIU F., 1984. Producția algelor macrofite la litoralul românesc al Mării Negre. Doct. thesis, Univ. București, 201 p.
- VOLLENWEIDER R.A., 1969. A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments. IBP Handbook 12, Blackwell Sci. Publ., Oxford - Edinburgh, 213 p.

Reçu le 26 mai 1987; received May 26, 1987
 Accepté le 18 août 1988; accepted August 18, 1988

FACTEURS ECOLOGIQUES
INFLUENÇANT LA REPARTITION
ET LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS
DE *XENOPSYLLA CUNICULARIS* SMIT, 1957
(INSECTA : SIPHONAPTERA)
PUCE INFEODEE AU LAPIN DE GARENNE,
ORYCTOLAGUS CUNICULUS (L.)

*Ecological factors acting on the distribution
and the population dynamics of Xenopsylla cunicularis Smit, 1957
(Insecta : Siphonaptera) a flea parasitic on the European rabbit,
Oryctolagus cuniculus (L.)*

Henri LAUNAY

Institut de Parasitologie de l'Ouest
Faculté de Médecine
Avenue du Prof. Léon Bernard
35043 Rennes Cédex, France

SIPHONAPTERA
PULICIDAE
XENOPSYLLA CUNICULARIS
FACTEURS ECOLOGIQUES
LAPIN DE GARENNE
ORYCTOLAGUS CUNICULUS

RÉSUMÉ — L'amplitude écologique de *Xenopsylla cunicularis* est plus restreinte que celle de son hôte, le Lapin de garenne. Parmi les facteurs limitants, les plus évidents se trouvent dans la nature du substrat qui doit être de texture à dominante sablonneuse, le climat qui doit être relativement chaud, peu pluvieux avec des précipitations faibles en hiver; enfin une bonne densité en Lapins est un facteur biotique très favorisant.

SIPHONAPTERA
PULICIDAE
XENOPSYLLA CUNICULARIS
ECOLOGICAL FACTORS
EUROPEAN RABBIT
ORYCTOLAGUS CUNICULUS

ABSTRACT — The ecological amplitude of *Xenopsylla cunicularis* is more restricted than that of its host, the European Rabbit. Among the more obvious limiting factors are : 1) the nature of the substratum, which should have a sandy texture, 2) the climate, which should be relatively warm and dry with little rain during the winter, and 3) large numbers of hosts seem to favor the development of large numbers of fleas.

INTRODUCTION

Le Lapin de garenne, *Oryctolagus cuniculus* (L.) est, parmi les Leporidae européens, le seul à présenter une ectofaune pulicidienne totalement originale car elle lui est strictement spécifique.

Cette ectofaune pulicidienne comprend 6 Puces appartenant à 2 familles :

— 2 Pulicidae :

* *Spilopsyllus cuniculi* (Dale, 1878) est la Puce « banale » du Lapin; elle est très abondante et a sensiblement la même répartition que son hôte.

* *Xenopsylla cunicularis* Smit, 1957 est tout aussi abondante que la précédente, mais limitée à la partie sud-ouest de la sous-région méditerranéenne.

— 4 Leptopsyllidae, qui sont toutes des espèces « rares », très endémiques, relictées, et dont la répartition actuelle reflète la répartition originelle du Lapin de garenne (Beaucournu, 1980) :

* *Odontopsyllus quirosi episcopalis* Beaucournu et Gilot, 1974 et *Caenopsylla laptevi relictata* Beaucournu, Gil-Collado et Gilot, 1975 qui sont connues de Haute-Provence en France.

* *Odontopsyllus quirosi quirosi* Gil-Collado, 1934 et *Caenopsylla laptevi ibera* Beaucournu et Marquez,

1987 qui sont connues du centre et du Sud de l'Espagne.

Xenopsylla cunicularis n'avait pratiquement pas été étudiée et elle n'était connue que du Maroc et de la Péninsule Ibérique. Elle a été mise en évidence également en France, dans le Sud-Ouest, au Fauga (Haute-Garonne) (Beaucournu et Launay, 1977) et à Portet-sur-Garonne (Haute-Garonne) (Launay, 1981a) (Fig. 1).

Les résultats des recherches préliminaires (Launay, 1981b, 1982) sur la phénologie, le comportement, la dynamique de population de *X. cunicularis* nous ont amené à penser que ce Siphonaptère pourrait jouer un rôle extrêmement actif comme vecteur du virus myxomateux qui est un facteur important de régulation des populations de Lapins; à ce titre cette Puce mérite un surcroît d'attention.

Nous présentons ici les facteurs écologiques qui nous semblent les plus déterminants pour expliquer la répartition et les fluctuations de population de *X. cunicularis*.

Il faut rappeler que cette espèce, plurivoltine, à explosion démographique annuelle verno-estivale est une Puce de terrier; à l'état adulte elle y attend son hôte pour se gorger de sang et s'y reproduit; elle y effectue son développement larvaire.

Les principaux facteurs que nous examinons sont donc ceux qui caractérisent les terriers de Lapins où vit cette Puce :

- nature du substrat,
- microclimat et ses liens avec le climat régional,
- la pluviosité, dans la mesure où elle donne des indications sur la saturation en eau du substrat.

Nous verrons également que certains facteurs biotiques peuvent intervenir d'une façon importante sur les populations de *X. cunicularis*.

METHODES ET TECHNIQUES

Facteurs édaphiques

Parmi les facteurs édaphiques susceptibles d'agir sur *X. cunicularis*, nous avons choisi d'étudier la composition granulométrique du sol à l'intérieur des terriers de Lapins. Ce facteur nous semble primordial dans la mesure où les adultes et les larves de cette Puce vivent et se déplacent dans la couche superficielle de ce sol qui, par ailleurs, est dépourvu de toute végétation.

Les prélèvements de sol ont été faits en surface, sur environ 1 cm d'épaisseur. L'analyse granulométrique a été réalisée par la méthode « pipette de Robinson » pour la détermination des argiles et limons et par tamisage sur série de tamis normalisés A.F.N.O.R. de mailles carrées de grandeurs décroissantes (500 µm à 40 µm) à l'aide d'un appareil

Rotolab, pour la détermination des sables. Les résultats sont exprimés en % pondéral de la fraction minérale fine séchée à 105°C.

Relevés climatiques

Toutes les données sur le macroclimat sont issues de stations météorologiques officielles.

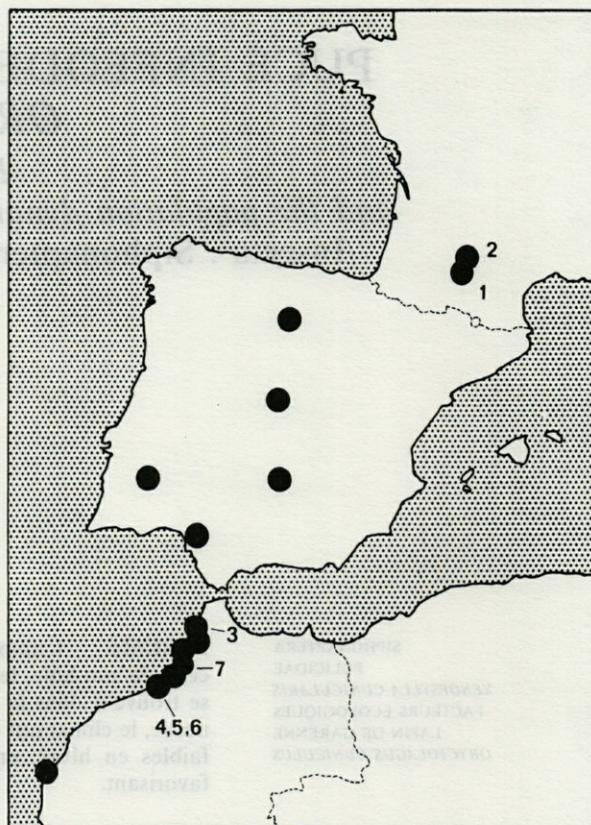


Fig. 1. — *Xenopsylla cunicularis* : stations connues. 1...7 : stations où des prélèvements de sédiment ont été effectués dans les terriers de Lapins en vue de l'analyse granulométrique.

Known distribution of Xenopsylla cunicularis. 1...7 : sites where takings of sediment have been made in rabbits burrows for granulometrical analysis.

Les mesures de températures dans les terriers, prises à diverses distances depuis l'entrée, ont été réalisées à l'aide de thermosondes, soit en continu avec un thermographe enregistreur à distance pour apprécier les variations dans le temps, soit en instantané avec un thermomètre numérique à sonde platine pour comparer entre eux plusieurs terriers ou plusieurs endroits d'un terrier au même moment.

L'humidité relative à l'intérieur des terriers a été mesurée avec un psychromètre à aspiration.

RESULTATS

A. Granulométrie

Les stations que nous avons pu visiter et desquelles nous avons ramené du sédiment pour analyser sa composition granulométrique sont les suivantes : le Fauga et Portet-sur-Garonne (Haute-Garonne) pour la France (Fig. 1 : 1 et 2); Mehdiya, lac de Sidi Bourhada (près de l'Oued Sebou) (Kenitra) (Fig. 1 : 3), Oued Nefifikh (en trois endroits car le sédiment était de couleur différente) (Mohameddia) (Fig. 1 : 4, 5 et 6) et Oued Yquem (Rabat)(Fig. 1 : 7) pour le Maroc.

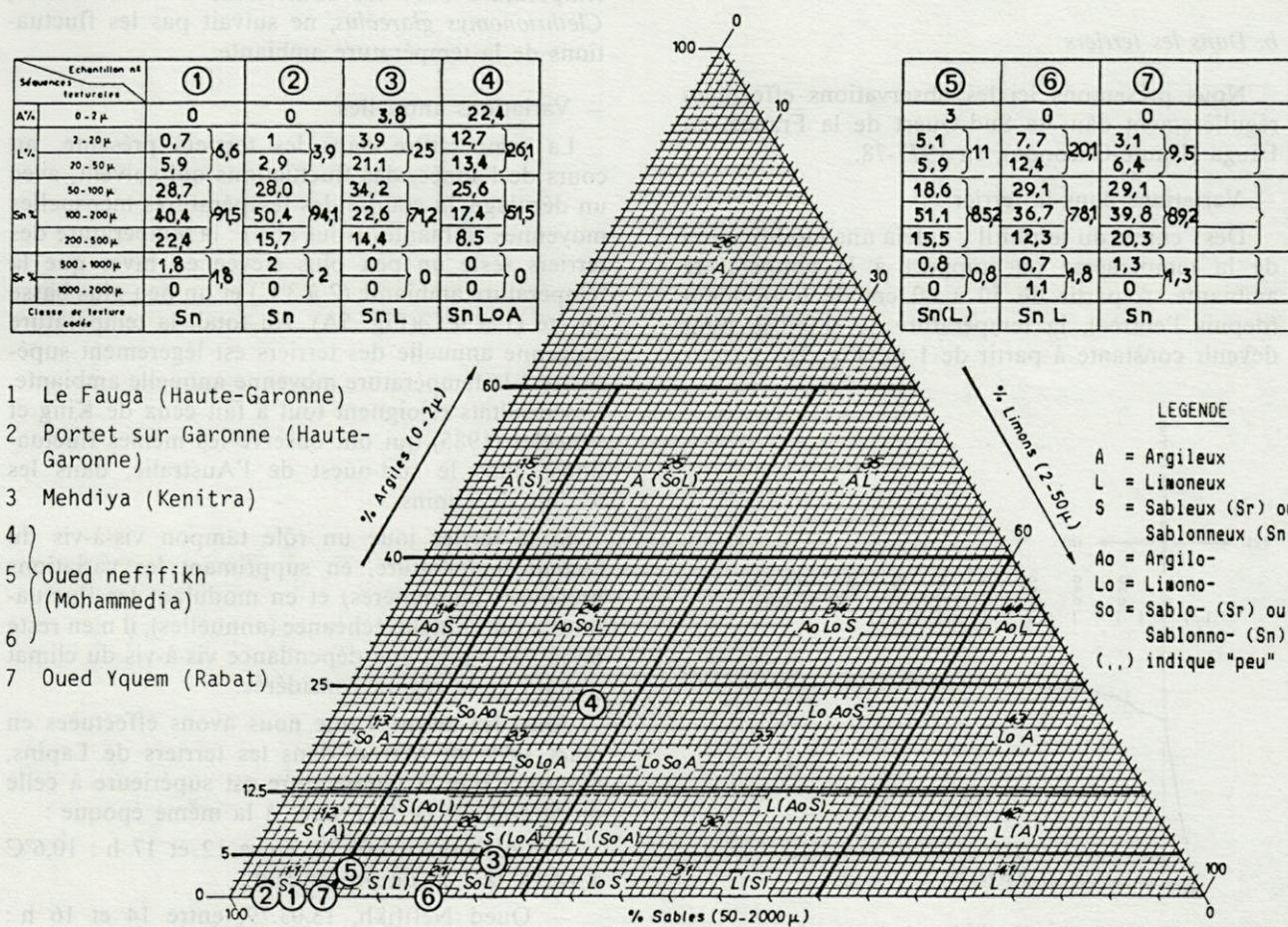
Dans tous les cas, la texture du sol est à dominante sablonneuse, les argiles (0-2 µm) et les limons fins (2-20 µm) sont rares ou absents, les limons grossiers (20-50 µm) sont présents mais ce sont les sables très fins (50-100 µm), fins (100-200 µm) et

moyens (200-500 µm) qui sont prédominants, les sables grossiers (500-1 000 µm) étant peu représentés (Fig. 2). Ces sédiments sont très bien classés, avec une distribution des particules en fonction de leur diamètre proche d'une courbe normale.

Cette dominante sablonneuse est d'ailleurs évidente sur le terrain au simple examen visuel et tactile, pour toutes les stations précitées.

L'agencement des composants entre eux (ou structure) est de type particulaire meuble et découle de la texture sablonneuse bien classée et de la pauvreté en matériaux organiques et en particules très fines colmatantes : à l'état sec, ces sédiments, pris dans la main, s'écoulent comme un fluide, et quel que soit l'état d'humidité de l'échantillon, la pénétrabilité d'une lame dans le matériau est toujours facile.

Cette structure est favorable à *X. cunicularis* et nous avons pu constater *de visu* combien larves et imagos se mouvaient facilement dans la couche superficielle de ce type de sédiment.



- 1 Le Fauga (Haute-Garonne)
- 2 Portet sur Garonne (Haute-Garonne)
- 3 Mehdiya (Kenitra)
- 4 } Oued nefifikh (Mohammedia)
- 5 } Oued nefifikh (Mohammedia)
- 6 } Oued nefifikh (Mohammedia)
- 7 Oued Yquem (Rabat)

LEGENDE
 A = Argileux
 L = Limoneux
 S = Sableux (Sr) ou Sablonneux (Sn)
 Ao = Argilo-
 Lo = Limono-
 So = Sablo- (Sr) ou Sablonno- (Sn)
 (..) indique "peu"

Fig. 2. — Triangle des textures minérales fines, d'après Wacquart, 1965 et séquences granulométriques de 7 sédiments en provenance de terriers de Lapins (cf. texte).

Triangle of the fine mineral textures according to Wacquart, 1965 and granulometrical sequences of 7 sediments from rabbits burrows.

B. Climat et microclimat

1. Température

a. Générale

Nous donnons en document annexe les relevés climatiques pour plusieurs stations réparties sur l'ensemble de l'aire de répartition de *X. cunicularis*.

Si l'on compare les températures de la station la plus au nord (Cugnaux, Haute-Garonne, France) et celles de la station la plus au sud (Essaouira, Maroc), elles se situent sensiblement dans la même fourchette (3°C seulement d'écart sur la moyenne annuelle : 12,9°C et 15,9°C) avec des minima plutôt doux (8,9°C et 9,6°C de moyenne annuelle) et des maxima pas trop élevés (17,2°C et 22,2°C de moyenne annuelle). Les stations espagnoles se placent tout à fait dans cette fourchette (cf. annexe).

Sur cette façade atlantique qui va du Sud-Ouest de la France aux côtes marocaines, nous sommes devant un climat relativement chaud, tempéré par l'influence atlantique.

b. Dans les terriers

Nous présentons ici les observations effectuées régulièrement dans le Sud-Ouest de la France, au Fauga (Haute-Garonne), en 1977-78.

— Variations dans le terrier

Dès l'entrée du terrier il y a déjà une modification de la température par rapport à la température ambiante. A partir de 50 à 60 cm de profondeur (depuis l'entrée), la température se stabilise pour devenir constante à partir de 1 m (Fig. 3).

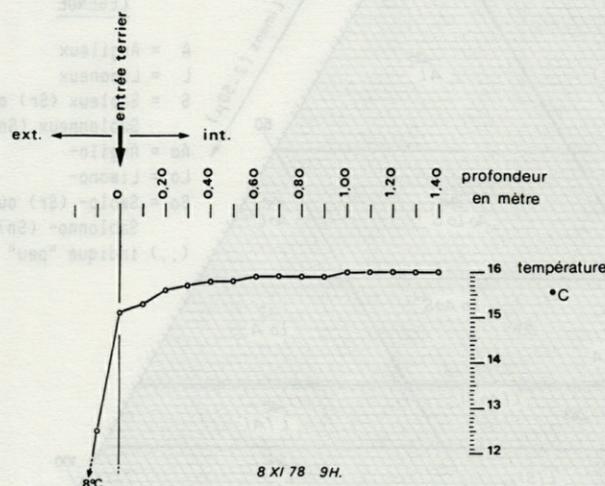


Fig. 3. — Un exemple d'évolution de la température dans un terrier de Lapin en fonction de la distance depuis l'entrée (Le Fauga, Haute-Garonne, 08.11.78, 9 h).

An example of evolution of the temperature in a rabbit burrow in relation with the distance from the entry (Le Fauga, Haute-Garonne, France, 08.11.78, 9 h).

— Variations d'un terrier à l'autre

Si à un moment donné, nous mesurons la température à 1 m de profondeur dans plusieurs terriers appartenant à différentes garennes, nous constatons qu'il n'y a jamais plus de 2°C d'écart et ce, quelles que soient l'orientation du trou et la période de l'année. Dans un biotope donné, il y a donc une grande homogénéité de ce facteur, ce qui laisse entrevoir qu'il y a thermorégulation.

— Variations journalières

Quelle que soit la période de l'année, la température dans les terriers reste absolument constante au cours du nyctémère (Fig. 4), alors que la température ambiante peut subir des fluctuations d'une amplitude de 15°C et plus.

Cette constance de la température des terriers a été signalée pour les Rongeurs : citons en particulier Petter (1961) qui a montré que la température des terriers d'un Gerbillidé xérophile, *Psammomys obesus*, était stable durant le nyctémère, à 1 m de profondeur, Milan (1970) qui a montré que la température des nids souterrains d'un Microtidé, *Clethrionomys glareolus*, ne suivait pas les fluctuations de la température ambiante.

— Variations annuelles

La température dans les terriers présente, au cours de l'année, des fluctuations qui suivent, avec un décalage, la courbe des températures mensuelles moyennes ambiantes (sous abri) : la température des terriers reste un peu plus élevée en hiver que la température ambiante (2 à 3°C) et un peu plus basse en été (1 à 4°C) (Fig. 5A). Au total, la température moyenne annuelle des terriers est légèrement supérieure à la température moyenne annuelle ambiante. Ces résultats rejoignent tout à fait ceux de King et Wheeler (1985) qui ont observé les mêmes fluctuations, dans le sud-ouest de l'Australie, dans les terriers de Lapins.

Si le terrier joue un rôle tampon vis-à-vis du facteur température, en supprimant les variations brusques (journalières) et en modulant les fluctuations à plus longue échéance (annuelles), il n'en reste donc pas moins une dépendance vis-à-vis du climat général de la région considérée.

Ainsi les mesures que nous avons effectuées en mars 1979 au Maroc, dans les terriers de Lapins, montrent que la température est supérieure à celle du Sud-Ouest de la France à la même époque :

— Le Fauga, 04.03.79, entre 12 et 17 h : 10,6°C à 12,3°C à 1 m de profondeur;

— Oued Nefikh, 13.03.79, entre 14 et 16 h : 18,1°C à 18,7°C à 1 m de profondeur;

— Oued Yquem, 13.03.79, à 18 h : 16,2°C à 17,4°C à 1 m de profondeur.

De la même façon, les variations de température des terriers de Lapins vont être différentes dans 2

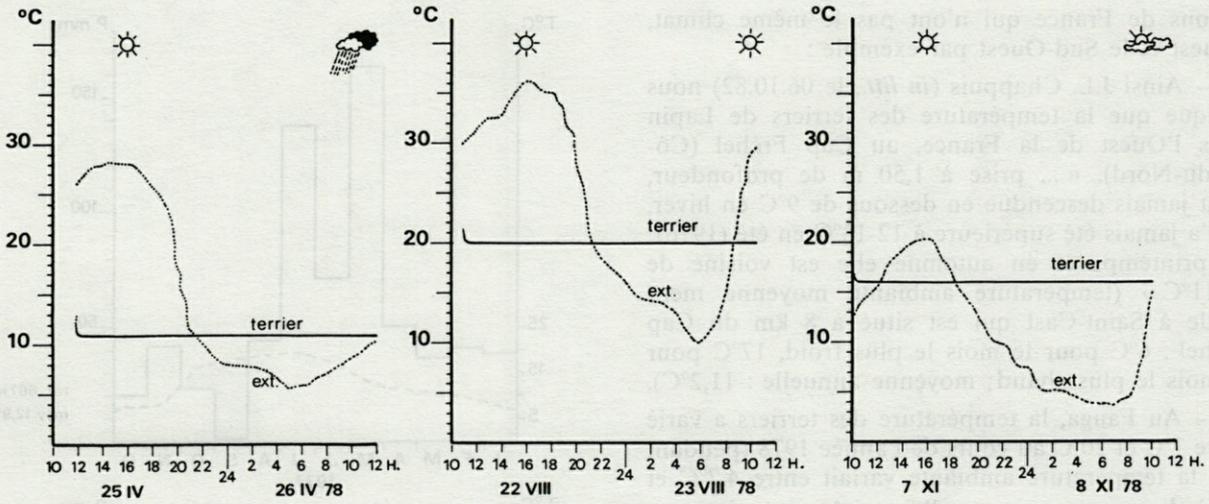


Fig. 4. — Evolution journalière de la température dans les terriers de Lapins à 1 m de profondeur (trait plein) et évolution journalière de la température à l'extérieur des terriers, à 1 m de l'ouverture et près du sol (trait pointillé) en avril, août et novembre 1978 (Le Fauga, Haute-Garonne).

The daily evolution of the temperature inside rabbits burrows at 1 m in depth (full line) and daily evolution of the temperature outside the burrows at 1 m from the entry and near the ground (dotted line), April, August and November (Le Fauga, Haute-Garonne, France).

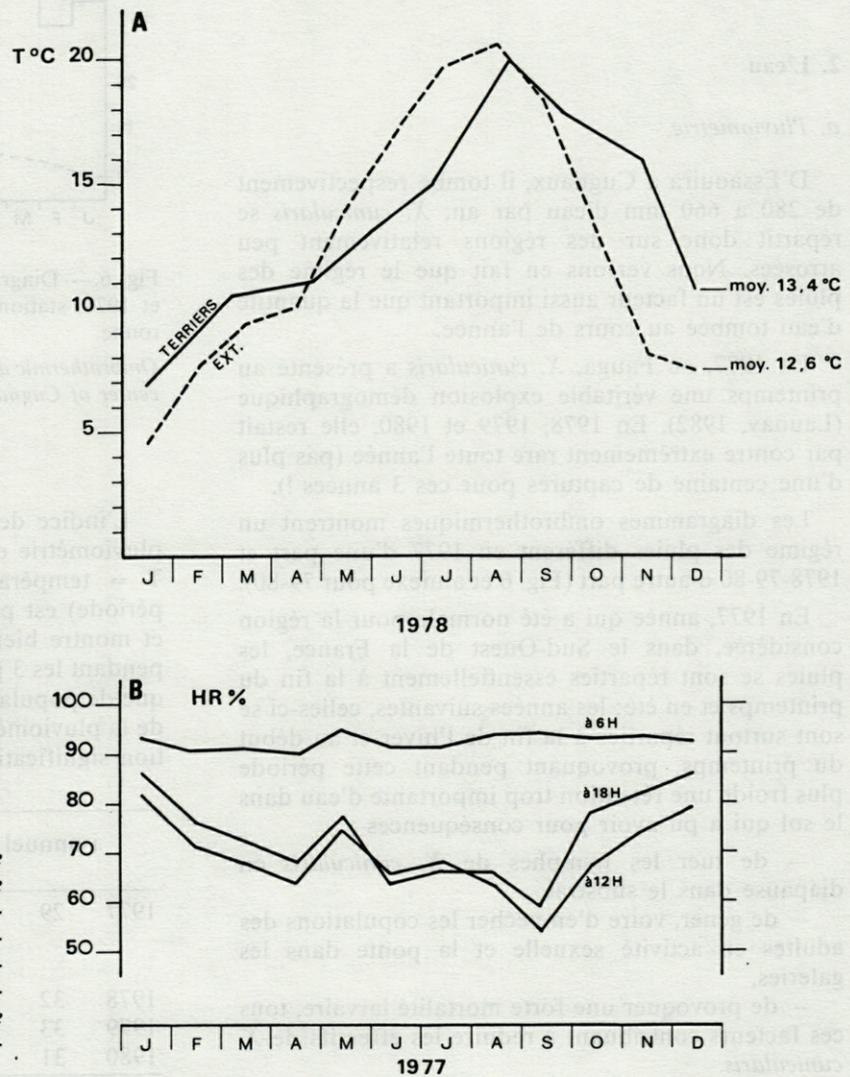


Fig. 5. — A, évolution mensuelle de la température dans les terriers à 1 m de profondeur (trait plein) (Le Fauga, Haute-Garonne) et évolution mensuelle de la température extérieure moyenne (station météorologique de Cugnaux, Haute-Garonne), en 1978. B, variations mensuelles de l'humidité relative de l'air en fonction de l'heure, station météorologique de Cugnaux, Haute-Garonne.

Monthly evolution of the temperature inside the burrows at 1 m depth (full line)(Le Fauga, Haute-Garonne, France) and monthly evolution of the average outside temperature (weather center of Cugnaux, Haute-Garonne, France), in 1978. B, monthly variations of relative humidity in relation with the time, weather center of Cugnaux, Haute-Garonne, France.

régions de France qui n'ont pas le même climat, l'Ouest et le Sud-Ouest par exemple :

— Ainsi J.L. Chappuis (*in litt.*, le 06.10.82) nous indique que la température des terriers de Lapin dans l'Ouest de la France, au Cap Fréhel (Côtes-du-Nord), « ... prise à 1,50 m de profondeur, n'est jamais descendue en dessous de 9°C en hiver, et n'a jamais été supérieure à 12-13°C en été (1976); au printemps et en automne elle est voisine de 10-11°C » (température ambiante moyenne mensuelle à Saint-Cast qui est situé à 8 km du Cap Fréhel : 6°C pour le mois le plus froid, 17°C pour le mois le plus chaud; moyenne annuelle : 11,2°C).

— Au Fauga, la température des terriers a varié entre 7°C et 20°C au cours de l'année 1978 (pendant que la température ambiante variait entre 4,7°C et 20°C de moyenne mensuelle) : si les températures hivernales des terriers sont proches de celles de l'Ouest, les estivales, par contre, sont très nettement supérieures, tout comme le climat qui est beaucoup plus chaud pendant la période verno-estivale dans le Sud-Ouest.

2. L'eau

a. Pluviométrie

D'Essaouira à Cugnaux, il tombe respectivement de 280 à 660 mm d'eau par an. *X. cunicularis* se répartit donc sur des régions relativement peu arrosées. Nous verrons en fait que le régime des pluies est un facteur aussi important que la quantité d'eau tombée au cours de l'année.

En 1977, au Fauga, *X. cunicularis* a présenté au printemps une véritable explosion démographique (Launay, 1982). En 1978, 1979 et 1980, elle restait par contre extrêmement rare toute l'année (pas plus d'une centaine de captures pour ces 3 années !).

Les diagrammes ombrothermiques montrent un régime des pluies différent en 1977 d'une part et 1978-79-80 d'autre part (Fig. 6 et annexe pour 79-80).

En 1977, année qui a été normale pour la région considérée, dans le Sud-Ouest de la France, les pluies se sont réparties essentiellement à la fin du printemps et en été; les années suivantes, celles-ci se sont surtout réparties à la fin de l'hiver et au début du printemps, provoquant pendant cette période plus froide une rétention trop importante d'eau dans le sol qui a pu avoir pour conséquences :

- de tuer les nymphes de *X. cunicularis* en diapause dans le substrat,
- de gêner, voire d'empêcher les copulations des adultes en activité sexuelle et la ponte dans les galeries,
- de provoquer une forte mortalité larvaire, tous ces facteurs contribuant à réduire les effectifs de *X. cunicularis*.

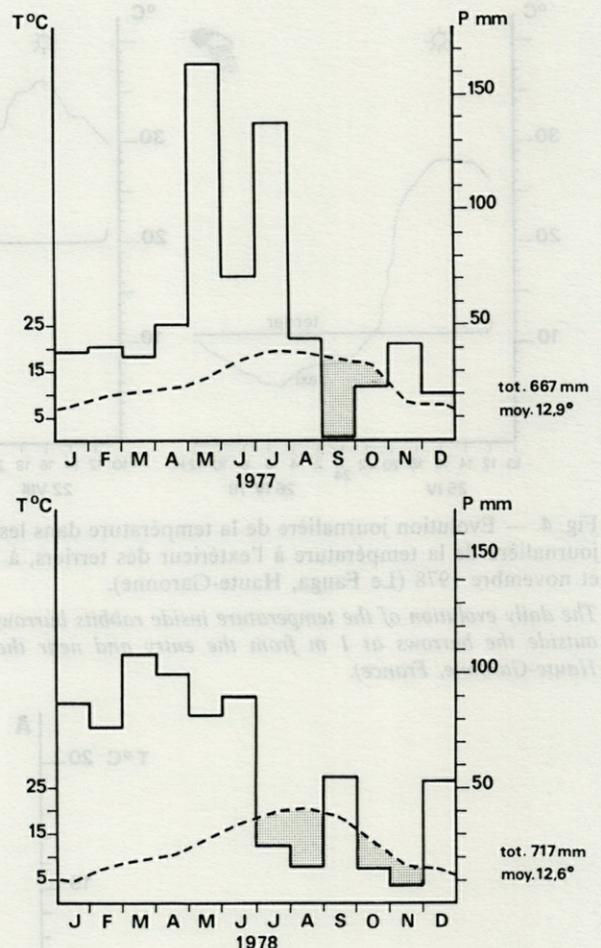


Fig. 6.— Diagrammes ombrothermiques des années 1977 et 1978, station météorologique de Cugnaux, Haute-Garonne.

Ombrothermic diagrams in the 1977 and 1978 years, weather center of Cugnaux, Haute-Garonne, France.

L'indice de Martonne, $i = P / (T + 10)$ (P = pluviométrie en mm pour un laps de temps donné, T = température moyenne en °C pour la même période) est particulièrement révélateur à cet égard et montre bien la corrélation entre la pluviométrie pendant les 3 premiers mois de l'année et la dynamique de population de cette Puce, alors que l'examen de la pluviométrie annuelle ne donne aucune indication significative :

	i annuel	i pour janvier + février + mars	<i>X. cunicularis</i>
1977	29	21	explosion démographique à partir de mars
1978	32	150	rare
1979	33	141	rare
1980	31	96	très rare

b. Hygrométrie

L'humidité relative varie au cours de la journée et au cours de l'année (Fig. 5B), ces fluctuations dépendent de la température ambiante et de la pluviométrie.

Les mesures que nous avons réalisées dans les terriers de Lapins, au Fauga, montrent au contraire qu'elle est stable durant le nyctémère, qu'elle varie peu pendant l'année et est presque toujours supérieure à 90 % (donc très comparable à l'humidité relative de l'air ambiant mesurée à 6 h, fig. 5B).

Voici un exemple des mesures réalisées dans quelques terriers :

date : 21.09.77, H.R. moyenne de l'air en septembre 77 : 70 % ; à 6 h : 93,3 % à 12 h : 53,5 %, à 18 h : 58,7 %.

- terrier 1, 10 h, H.R. entrée : 83 %, à 1 m : 90 %
- terrier 2, 11 h, H.R. entrée : 77 %, à 1 m : 91 %
- terrier 3, 12 h, H.R. entrée : 62 %, à 1 m : 89 %
- terrier 4, 16 h, H.R. entrée : 46 %, à 1 m : 90 %

A l'instar de la température, le terrier joue donc là encore un rôle tampon vis-à-vis de l'humidité, en gommant les fluctuations et en maintenant une hygrométrie élevée, toutes conditions qui favorisent le développement embryonnaire et larvaire des *Xenopsylla* du groupe *conformis* auquel appartient *X. cunicularis* (synthèse bibliographique in Launay, 1982).

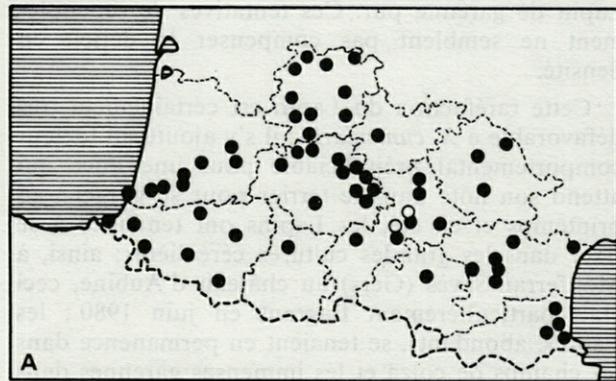
C. Facteurs biotiques

Nous avons effectué en 1980, en collaboration avec les Fédérations Départementales des Chasseurs concernées, des prospections systématiques dans les régions du Sud-Ouest de la France les plus susceptibles d'héberger *X. cunicularis* : les Landes, le Gers, les Pyrénées-Atlantiques, la Haute-Garonne. Cette série de missions s'est déroulée de mai à juillet, donc à la période la plus favorable pour la trouver.

Dans les départements midi-pyrénéens : *Spilopsyllus cuniculi* est présente partout, dans toutes les stations prospectées. *X. cunicularis* n'a pu être retrouvée, en dehors du Fauga, qu'à Portet-sur-Garonne (Haute-Garonne) et en très peu d'exemplaires (2 mâles, 4 femelles)(Fig. 7A).

Nous avons vu combien la climatologie anormale pour le Sud-Ouest, de 1978 à 1980, a pu avoir une influence défavorable sur l'évolution des populations de *X. cunicularis* au Fauga, à tel point qu'elle y avait pratiquement disparu. Si cette climatologie anormale peut expliquer l'absence de *X. cunicularis* dans les départements prospectés, nous avons pu constater que ce facteur n'était pas seul en cause et que la situation du Lapin intervenait également.

Ainsi, pour les départements de la Haute-Ga-



○ *Xenopsylla cunicularis* et *Spilopsyllus cuniculi*
● *Spilopsyllus cuniculi* seul

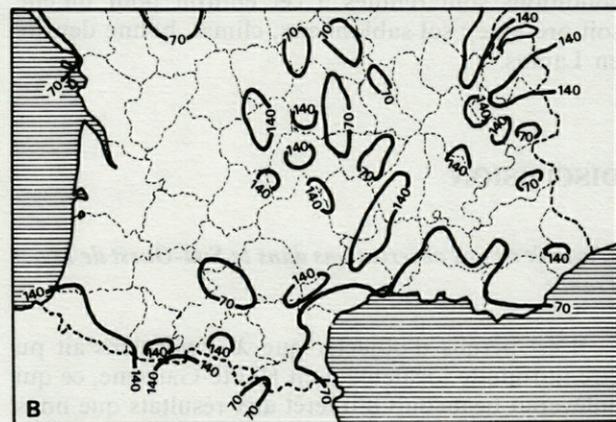


Fig. 7.— A, *Xenopsylla cunicularis* et *Spilopsyllus cuniculi* : stations connues dans onze départements du Sud-Ouest de la France; B, hauteurs de pluies par an (cm). Isohètes tracées : 70 et 140 (modifié d'après Keesler et Chambraud, 1986).

Xenopsylla cunicularis and *Spilopsyllus cuniculi* : known localities in eleven counties of the south-west of France. B, yearly levels of rain (cm). Isohyets drawn : 70 and 140 (modified from Keesler and Chambraud, 1986).

ronne, du Gers, des Landes, des Pyrénées-Atlantiques, 3 traits essentiels se sont dégagés :

— situation générale mauvaise pour le Lapin, faibles densités. Il n'est abondant que très très localement, en particulier dans les « saligues » (biotopes à formations végétales hygrophiles bordant les grandes rivières dans le Sud-Ouest) le long de la Garonne et du Gave de Pau.

— peu de jeunes de mai à juillet : 34 % seulement des Lapins capturés. C'est la myxomatose qui est le plus souvent incriminée.

— ces déficiences amènent des lâchers de Lapins croisés avec des domestiques : 21 % des adultes étudiés (82 Lapins examinés) présentaient un poids supérieur à 1,700 kg, avec des individus dépassant 2 kg, ce qui est en dehors des poids normaux du

Lapin de garenne pur. Ces tentatives de repeuplement ne semblent pas compenser le déficit en densité.

Cette raréfaction du Lapin est certainement très défavorable à *X. cunicularis* ; il s'y ajoute un facteur comportemental préjudiciable pour une Puce qui attend son hôte dans le terrier pour se gorger : au printemps et en été, les Lapins ont tendance à se fixer dans les grandes cultures céréalières ; ainsi, à Monferran-Savès (Gers) au château d'Aubine, ceci était particulièrement flagrant en juin 1980 : les Lapins, abondants, se tenaient en permanence dans les champs de colza et les immenses garennes dans les sous-bois en bordure des cultures étaient manifestement désertées, voire complètement abandonnées. Bien entendu, nous n'avons pas trouvé *X. cunicularis* dans les terriers alors que toutes les conditions sont réunies à cet endroit pour qu'elle soit présente : sol sablonneux, climat, bonne densité en Lapins.

DISCUSSION

L'intérêt de nos observations dans le Sud-Ouest de la France

Il est permis d'objecter que *X. cunicularis* ait pu être introduite localement en Haute-Garonne, ce qui enlèverait beaucoup d'intérêt aux résultats que nous rapportons ici sur les facteurs abiotiques, ces résultats provenant pour l'essentiel du Fauga. Nous n'avons pas de données pour les *X. cunicularis* d'Espagne et du Portugal, hormis des relevés climatiques. Pour le Maroc, nous avons quelques données personnelles sur la granulométrie et le microclimat des terriers de Lapins.

Dans une précédente étude (Launay et Beaucournu, 1982) nous avons comparé la morphologie des adultes de *X. cunicularis* du Sud-Ouest de la France avec celle des populations ibériques et marocaines : les différences observées dans l'analyse biométrique montrent que si le berceau de cette espèce se trouve en péninsule ibérique, la présence de cette Puce en France s'explique par des raisons paléobiogéographiques et n'est pas un phénomène d'introduction récent.

Pour cette raison, les observations réalisées dans le Sud-Ouest de la France où *X. cunicularis* se trouve dans son aire d'extension naturelle sont tout à fait transposables à l'espèce d'une façon générale.

Les facteurs abiotiques limitants

C'est classiquement, une combinaison de facteurs qui limite la répartition de *X. cunicularis* : pour l'essentiel, microclimat du terrier + texture du sol.

C'est pour cette raison que nous avons analysé microclimat et granulométrie, uniquement aux endroits où cette Puce est présente et renoncé à faire des comparaisons avec des endroits où elle est absente, ce qui nous aurait amené trop loin et ne présente finalement pas d'intérêt. En effet, presque tous les types de textures de sols sont possibles pour les terriers de Lapins d'une part, et il est bien certain d'autre part, qu'il existe une multitude de garennes à sol sablonneux sans *X. cunicularis*.

Le même raisonnement peut être tenu avec le microclimat.

La répartition de X. cunicularis dans le Sud de la France

Il est permis de penser que l'absence de *X. cunicularis* sur la frange atlantique (Landes et Pyrénées-Atlantiques en particulier) est normale car ces régions sont très arrosées : plus de 100 cm de pluies par an (Fig. 7B).

L'absence sur la frange méditerranéenne ne peut s'expliquer ni par les températures, chaudes, ni par les quantités d'eau tombées annuellement, moyennes à faibles, qui sont comparables à certaines valeurs observées dans l'aire de répartition de *X. cunicularis*.

Seul le régime des pluies en climat méditerranéen, différent de celui observé en particulier dans le Sud-Ouest de la France, explique peut-être cette absence : non seulement il est très irrégulier aussi bien d'un mois à l'autre que d'une année à l'autre, mais en plus les épisodes pluvieux sont concentrés sur un nombre réduit de jours et s'expriment le plus souvent sous forme de pluies torrentielles, ces pluies pouvant être défavorables à *X. cunicularis* en saturant d'eau le sédiment des terriers susceptibles de l'accueillir.

Le fait que nous ne l'ayons pas trouvée dans le Gers paraît surprenant du point de vue climatique, elle y est probablement devenue rarissime pour les raisons que nous avons évoquées précédemment : facteurs climatiques des années 78-80 et biotiques défavorisants.

CONCLUSIONS

Xenopsylla cunicularis vit dans un milieu où la température et l'humidité sont tamponnées : les terriers du Lapin de garenne.

La température des terriers subit des fluctuations lentes qui sont le reflet de la courbe annuelle des températures moyennes mensuelles de l'air ambiant (sous abri) de la région considérée. Ces températures, dans l'aire de répartition connue de *X. cunicularis*, se situent dans une fourchette de 5-10°C pour

le mois le plus froid à 21-27°C pour le mois le plus chaud.

L'humidité relative dans les terriers est très constante et élevée de l'ordre de 90 %.

Les hauteurs annuelles de pluies sont modérées : 280 à 660 mm. L'évaporation diminuant en hiver, les pluies doivent être faibles afin que le sol des terriers ne soit jamais saturé en eau. Cet équilibre nécessaire entre la température et la pluviosité en hiver se traduit par des indices de Martonne bas : 5 à 21.

Outre un certain microclimat cette Puce exige un sol de texture à dominante sablonneuse.

Dans l'hypothèse où *X. cunicularis* aurait une aire de répartition plus vaste que celle que nous connaissons pour le Sud-Ouest de la France, tous les éléments analysés précédemment nous incitent à penser qu'elle devait être commune au moins dans les départements du Gers, de la Haute-Garonne, du Tarn-et-Garonne et du Lot-et-Garonne, mais, au terme des années 70, ses populations auraient subi une forte régression due à des raisons climatiques anormales et à une évolution des facteurs biotiques peut-être irréversible.

Cependant, cette espèce reste à surveiller de près dans le Sud-Ouest de la France car elle appartient à un groupe de *Xenopsylla* capable d'explosions démographiques et souvent incriminé dans la véc-tion de diverses zoonoses.

* Ces recherches ont été financées par l'A.N.C.L.A.T.R.A. puis conjointement par les Fédérations Départementales des Chasseurs de la région Midi-Méditerranée et l'Office National de la Chasse.

BIBLIOGRAPHIE

BEAUCOURNU J.C., 1980. Les Puces du Lapin de garenne *Oryctolagus cuniculus* (L.). In : Traub R. & Starcke H., éd. *Fleas*, Proc. Intern. Conf. Fleas, Ashton Wold, Peterborough, U.K., 21-25 juin 1977, Balkema A.A., Rotterdam, 420 pp. : 383-389.

BEAUCOURNU J.C. & LAUNAY H., 1977. Présence en France d'une *Xenopsylla* selvatique *X. cunicularis* Smit, 1957 (*Siphonaptera* : *Pulicidae*) parasite du Lapin de garenne. *Bull. Soc. Path. exot.*, 70 : 299-301.

KESSLER J. & CHAMBRAUD A., 1986. La météo de la France. Tous les climats localité par localité. J.C. Lattès ed., 312 p.

KING D.R. & WHEELER S.H., 1985. The European Rabbit in South-western Australia. I. Study sites and populations dynamics. *Aust. Wildl. Res.*, 12 : 183-196.

LAUNAY H., 1981a. Approche d'une prophylaxie de la myxomatose : écologie des puces du lapin de garenne. *Bull. mens. Off. Nat. Chasse*, n° sp. Scien. Techn., déc. 1980 : 213-241.

LAUNAY H., 1981b. Description de la larve de *Xenopsylla cunicularis* Smit, 1957 (*Siphonaptera*, *Pulicidae*). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 56 : 613-620.

LAUNAY H., 1982. Données préliminaires sur l'écologie de *Xenopsylla cunicularis* Smit, 1957 (*Siphonaptera*, *Pulicidae*) parasite du lapin de garenne. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 57 : 145-163.

LAUNAY H. & BEAUCOURNU J.C., 1982. Critères taxinomiques et essai de paléobiogéographie de deux espèces jumelles, *Xenopsylla ramesis* (Rothschild, 1904) et *Xenopsylla cunicularis* Smit, 1957 (*Siph. Pulicidae*) : approche biométrique. *Annls Soc. ent. Fr (N.S.)*, 18 : 43-54.

MILAN D., 1970. Effects of the microclimate on nest parasites of the bank vole, *Clethrionomys glareolus*, in summer season. *acta Sc. Nat. Brno*, 4 : 1-48.

PETTER F., 1961. Répartition géographique et écologie des rongeurs désertiques (du Sahara occidental à l'Iran oriental). *Mammalia*, 25 (n° sp). 1-222.

WACQUANT J.P., 1965. Triangle des textures minérales fines et tableau des dénominations des classes texturales minérales fines. C.N.R.S./C.E.P.E., éd. Montpellier, 1 page imprimée et une page héliog.

Reçu le 24 avril 1987; received April 24, 1987
 Accepté le 24 août 1987; accepted August 24, 1987.

Annexe. — Relevés climatiques relatifs à *Xenopsylla cunicularis*. A, station météorologique de Cugnaux (Haute-Garonne, France); B, Aranjuez « Escuela de Orticultura » (région de Madrid, Espagne); C, Sena « Cagicorwa » (entre Madrid et Burgos, Espagne)(période 1941-1970); D, Maroc.

Climatic data about *X. cunicularis*.

A	mois	Tn	Tx	$\frac{Tn + Tx}{2}$	HR	P
		°C	°C	°C	%	mm
1977	J	2,3	8,6	5,5	87,8	39,2
	F	5,3	13,6	9,5	81,9	41,4
	M	5,8	14,8	10,3	79,5	36,1
	A	6,9	15,2	11,1	75,7	49,4
	M	9,4	17,5	13,5	83,5	163,2
	J	12,4	21,7	17,1	76,8	71,5
	J	15,0	23,9	19,4	77,8	136,6
	A	14,1	23,8	19,0	78,0	43,7
	S	11,1	23,8	17,5	70,0	0,6
	O	12,0	20,7	16,4	81,7	23,4
	N	4,1	12,2	8,1	84,9	41,4
	D	4,5	10,6	7,6	86,5	20,3
moy. total		8,6	17,2	12,9	80,3	-
		-	-	-	-	666,8
1978	J	1,6	7,9	4,7	88,1	86,9
	F	4,4	10,8	7,6	85,4	76,7
	M	5,4	13,2	9,3	78,6	108,1
	A	6,2	13,8	10,0	77,0	99,1
	M	10,0	17,9	13,9	78,8	82,0
	J	12,7	21,7	17,2	75,6	90,2
	J	14,7	24,9	19,8	73,7	25,5
	A	14,7	26,4	20,6	70,0	16,3
	S	12,5	24,5	18,5	72,3	55,6
	O	8,9	18,1	13,5	83,5	15,3
	N	3,8	12,5	8,2	87,7	8,2
	D	4,0	11,2	7,6	85,0	53,3
moy. total		8,3	16,9	12,6	79,6	-
		-	-	-	-	717,2
1979	J	1,6	8,5	5,0	85,2	88,9
	F	3,2	10,4	6,8	82,5	71,0
	M	5,7	13,3	9,5	80,1	91,4
	A	6,5	13,9	10,2	77,8	63,6
	M	9,7	19,0	14,4	77,2	97,7
	J	13,6	23,0	18,3	78,1	31,1
	J	15,1	27,7	21,4	67,5	8,2
	A	14,9	25,3	20,1	70,8	44,5
	S	13,0	24,3	18,6	74,7	12,7
	O	11,1	18,9	15,0	84,9	130,0
	N	3,7	11,5	7,6	87,5	39,7
	D	3,4	10,6	7,0	86,5	66,0
moy. total		8,5	17,2	12,8	79,4	-
		-	-	-	-	744,8
1980	J	1,1	7,7	4,4	87,3	73,7
	F	5,1	12,0	8,6	84,0	27,1
	M	4,1	12,3	8,2	83,9	68,6
	A	5,7	14,7	10,2	71,2	11,4
	J	12,3	21,6	16,9	74,8	46,8

Tn = moyennes mensuelles des températures minimales
 Tx = moyennes mensuelles des températures maximales
 HR = moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air (8 valeurs quotidiennes)

B			
mois	T' moy. mensuelle °C	P mm	
J	5,1	34	
F	6,5	45	
M	9,5	40	
A	12,3	53	
M	15,9	43	
J	20,3	23	
J	23,8	7	
A	23,0	9	
S	19,2	45	
O	13,8	51	
N	8,5	49	
D	5,0	49	
moyenne annuelle		total	
13,6		448	

Indice de Martonne :
 i annuel = 19
 i janvier + février + mars = 7

C			
mois	T' moy. mensuelle °C	P mm	
J	3,2	27	
F	5,5	26	
M	9,6	29	
A	12,8	39	
M	17,5	36	
J	22,1	43	
J	25,4	21	
A	24,8	28	
S	21,1	44	
O	14,8	33	
N	7,9	31	
D	3,9	27	
moyenne annuelle		total	
14,1		383	

Indice de Martonne :
 i annuel = 16
 i janvier + février + mars = 5

D			
	T' moy. annuelle	moy. T' mini	moy. T' maxi
CASABLANCA	17,1 °C	6,4 °C (1)	27,4 °C (1)
ESSAOUIRA (Mogador)	15,9 °C	9,6 °C (2)	22,2 °C (2)
	P moy. annuelle	maxima	minima
CASABLANCA	427 mm	774 mm (1933)	193 mm (1913)
BOULHAUT	451 mm	736 mm (1936)	210 mm (1929)
ESSAOUIRA	287 mm	-	-

Indice de Martonne annuel : CASABLANCA i = 16
 ESSAOUIRA i = 11

(1) pour le mois le plus froid et le mois le plus chaud
 (2) moyennes annuelles

LEPTOTHORAX FUENTEI SANTSCHI, 1919, EN FRANCE (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)

Leptothorax fuentei Santschi, 1919, in France (Hymenoptera, Formicidae)

X. ESPADALER¹ et P. DU MERLE²

¹ Laboratori de Zoologia, Universitat Autònoma de Barcelona,
08193 Bellaterra (Barcelona), España

² I.N.R.A., Station de Zoologie forestière, av. A. Vivaldi,
84000 Avignon, France

HYMENOPTERA
FORMICIDAE
LEPTOTHORAX
FRANCE

RÉSUMÉ — *Leptothorax fuentei* Santschi est recensé pour la première fois en France. La distribution de ce Formicide est indiquée.

HYMENOPTERA
FORMICIDAE
LEPTOTHORAX
FRANCE

ABSTRACT — *Leptothorax fuentei* Santschi is recorded for the first time in France. Known localities for this species are indicated.

Dans la collection Santschi de Bâle (Suisse), sous le nom de *L. fuentei* v. *parkeri* Santschi, se trouvent 3 séries de Fourmis, provenant de 2 localités françaises et qui n'ont jamais donné lieu à publication. Par ailleurs, les documents du Dr Santschi comportent une lettre commerciale émanant des Laboratoires Substantia, de Suresnes, portant manuscrite au dos la description, inédite à ce jour, de la var. *parkeri*. Nous le reproduisons ci-dessous, uniquement pour des raisons historiques car il faut la considérer comme dépourvue de valeur taxonomique, les variations qu'elle mentionne entrant parfaitement dans les limites de variabilité de *L. fuentei* de la Péninsule Ibérique, d'où l'espèce a été décrite en 1919 par Santschi :

« *Leptothorax fuentei* v. *parkeri* (sic !) »

♀ Long. 4-4,3 mm. Noir, thorax d'un rouge sombre parfois presque noir. Appendices bruns avec le (illisible)(.....) la massue et le milieu des cuisses brun noirâtre (.....) articulations et tarsi plus clairs. Diffère du *L. fuentei* par sa tête un peu plus allongée, le scape plus long dépasse d'environ une fois et demi son épaisseur l'angle postérieur de la tête (en le bord intérieur de l'oeil). Impression métoépinothoracale plus sensible sur le profil, à peine indiquée sur le type. Epines plus longues et plus courbées en arrière, un peu plus longues que l'intervalle de leurs bases. Sculpture un peu plus luisante. Du reste semblable. France Var. Tourves 10-V-30 H.L. Parker. Le type est d'Espagne ».

Les échantillons sont les suivants :

- 4 ouvrières. *L. fuentei* Santschi st. *parkeri*. France, Tourves. H.L. Parker, 10-V-31.
- 3 ouvrières. *L. fuentei* Santschi st. *parqueri* (sic !). France, Tourves. H.L. Parker, 10-V-31.
- 2 ouvrières. *L. fuentei* v. *parkeri*. Port-Cros.

Tourves est situé dans le département du Var, à environ 250 m d'altitude; Port-Cros, dans le même département, est une petite île au large de Toulon. A ces localités françaises, il faut ajouter le Mont-Ventoux (Vaucluse), où une ouvrière de *L. fuentei*, identifiée à l'époque comme *L. rothenbergii* (Emery), fut capturée le 20-6-1975 par Du Merle (1978); depuis, une colonie entière de l'Insecte a été récoltée par le même auteur le 11-6-1982 dans la même station, située au pied du versant sud du Ventoux, à 460 m d'altitude, commune du Barroux, au lieu-dit « Les Trois Termes ».

Les échantillons du Mont-Ventoux (Fig. 1) ne diffèrent pas du matériel ibérique, que nous avons comparé avec les types. *L. fuentei* est donc connu aujourd'hui de 3 localités françaises. Sa répartition, d'après les données de Ceballos (1956), De Haro et Collingwood (1977), Espadaler (1979), Alonso de Medina et Espadaler (1981), Tinaut (1981), Espadaler et Collingwood (1982), Acosta *et al.* (1983), Martinez (1984), Pascual (1986), celles encore inédites de l'un de nous (X.E.) et celles relatives à sa distribution en France, sont indiquées fig. 2. L'espèce peut être caractérisée par sa grande taille (c'est

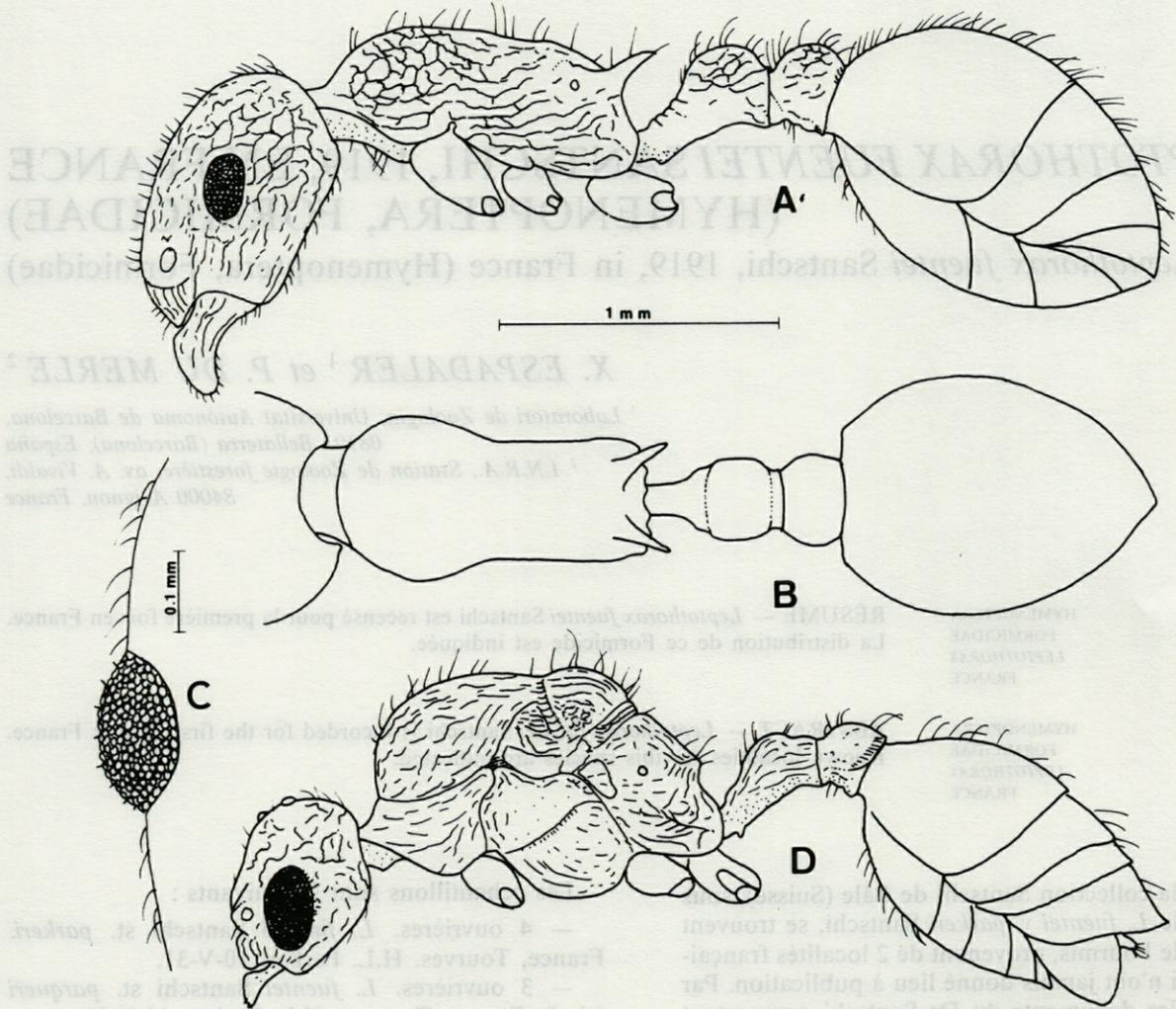


Fig. 1. — *Leptothorax fueitei* Santschi, du Mont-Ventoux (F). A, ouvrière; B, ouvrière, vue dorsale, pilosité omise; C, ouvrière, oeil avec micropilosité; D, mâle, profil.

Leptothorax fueitei Santschi from Mont-Ventoux (F). A, worker, side view; B, worker, upper view, pilosity omitted; C, worker, eye with micropilosity; D, male, side view.

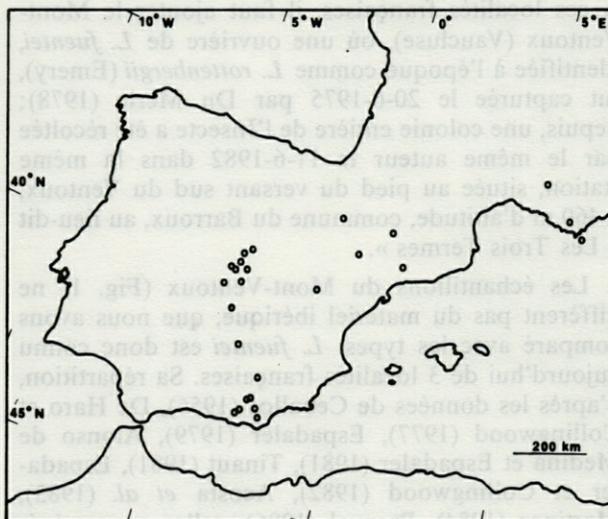


Fig. 2. — *Leptothorax fueitei* Santschi. Répartition géographique.

Leptothorax fueitei Santschi. Geographical distribution.

le plus grand des *Leptothorax* français), par sa coloration foncée (mais le thorax est rougeâtre) et par une sculpture en mailles élevées, rappelant celle des *Myrmica*; le mâle, de couleur noire, a un scape long comme les 3.7-4 premiers articles du funicule. La piqûre de cette Fourmi est assez douloureuse, comparable à celle de *Myrmica rubra* L.

En Espagne, *L. fueitei* s'élève jusque dans l'étage supraméditerranéen (altitude maximale : 1 900 m, Sierra Haran, Granada); il préfère les formations végétales ouvertes, tout en se montrant assez exigeant en humidité, et supporte assez bien l'influence humaine (Acosta, 1980; Tinaut, 1981; Martinez, 1984; Pascual, 1986).

En France, les 3 localités connues de l'Insecte relèvent de l'étage mésoméditerranéen : niveau thermophile pour l'île de Port-Cros, niveau normal pour Tourves et pour le site du Mont-Ventoux. Ce dernier est une vaste pelouse exposée au S, de faible recouvrement (60 %), à *Brachypodium ramosum* (L.)

R. et S., riche en *Thymus vulgaris* L., *Dorycnium suffruticosum* Vill., *Aphyllanthes monspeliensis* L., *Fumana ericoides* (Cav.) Pau et *Convolvulus cantabrica* L., avec de grandes taches de Chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) et, en bordure, des Chênes verts (*Q. ilex* L.) et des Pins d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.); le substratum est calcaire; la partie superficielle du sol, sur 2 cm de profondeur, est constituée d'éléments grossiers (graviers + cailloutis), sans terre fine, surmontés de rares pierres. Le nid découvert le 11-6-1982 était situé en plein soleil, dans une zone dénudée; creusé dans le sol, c'était une simple galerie, longue de 6-7 cm, s'étendant plus ou moins horizontalement à 3-4 cm de profondeur, puis se recourbant vers le haut, tout en s'élargissant, pour déboucher, par un orifice d'environ 8 mm de diamètre, sous un cailloutis superficiel, nettement plus large (3 cm) que cet orifice et le dissimulant complètement. Le dénombrement des individus occupant le nid et les ouvrières fourrageant à proximité a donné les résultats suivants : 1 reine; 5 nymphes + 12 adultes mâles; 18 nymphes + 35 adultes ouvrières; 53 larves à divers stades (des oeufs et certaines des plus petites ouvrières sont sans doute passés inaperçus). Il est enfin à noter que l'unique ouvrière capturée dans le même site le 20-6-1975 a été prise sur un Chêne kermès, ce qui prouve que l'espèce exploite la strate arbustive.

REMERCIEMENTS : ce travail a bénéficié en partie, d'une bourse de la CAICYT (1366-82). Notre reconnaissance va aussi à la Fundació José Ma. Blanc, à C.M. Herrera et à J.M. Lantero, pour leur aide sur le terrain, et au Dr Brancucci, qui nous a permis l'accès à la collection Santschi.

BIBLIOGRAPHIE

- ACOSTA F.J., 1980. Las comunidades de hormigas en las etapas seriales del encinar. Thèse Univ. Complutense Madrid, 395 p.
- ACOSTA F.J., M.D. MARTINEZ et M. MORALES, 1983. Contribución al conocimiento de la mirmecofauna del encinar peninsular (1)(Hymenoptera, Formicidae). *Bol. Asoc. esp. Entom.*, 6 : 379-391.
- ALONSO DE MEDINA E. et X. ESPADALER, 1981. Nota sobre la entomofauna de la Sierra de Prades(Taragona) (Formicidos). *P. Dept. Zool. Barcelona*, 7 : 67-71.
- CEBALLOS C., 1956. Catálogo de los himenópteros de España. *Trab. Inst. esp. Entom.* Madrid, 554 p.
- DE HARO A. et C.A. COLLINGWOOD, 1977. Prospección mirmecológica por Andalucía. *Bol. Est. Centr. Ecol.*, 6 : 85-90.
- DU MERLE P., 1978. Les peuplements de fourmis et les peuplements d'acridiens du Mont Ventoux. II. Les peuplements de fourmis. *Terre Vie*, suppl. 1 : 161-218.
- ESPADALER X., 1979. Citas nuevas o interesantes de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) para España. *Bol. Asoc. esp. Entom.*, 3 : 95-101.
- ESPADALER X. et C.A. COLLINGWOOD, 1982. Notas sobre *Leptothorax* Mayr, 1855 con descripción de *L. gredosi* n. sp. (Hymenoptera, Formicidae). *Bol. Asoc. esp. Entom.*, 6 : 41-48.
- MARTINEZ M.D., 1984. Las hormigas (Hymenoptera, Formicidae) de la Sierra de Guadarrama. Thèse Univ. Complutense Madrid, 528 p.
- PARCUAL M.R., 1986. Estudio taxonómico y ecológico de los formicidos de las Sierras de Alfacar, La Yedra, Huétor y Harana. Thèse Univ. Granada, 264 p.
- TINAUT A., 1981. Estudio de los Formicidos de Sierra Nevada. Thèse Univ. Granada, 463 p.

Reçu le 9 juin 1987; received June 9, 1987.
 Accepté le 23 septembre 1987; accepted September 23, 1987.

ANALYSE D'OUVRAGE / BOOK REVIEW

GUILLE A., P. LABOUTE et J.L. MENOUE, 1986. Guide des Etoiles de Mer, Oursins et autres Echinodermes du Lagon de Nouvelle-Calédonie. *In* Faune Tropicale, n° 25, ORSTOM éd., 238 p. Prix 350 F. 225 photographies couleurs.

Parmi les Invertébrés des récifs tropicaux, les Echinodermes occupent une place importante par leur biomasse et le nombre des espèces.

Le guide des Echinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie est conçu autour de documents photographiques sous-marins d'une qualité exceptionnelle. Ces photographies des espèces dans leur biotope dues à P. Laboute et J.L. Menou, plongeurs-photographes, permettent leur identification, constituant ainsi une approche nouvelle, agréable et enrichie en informations pour le scientifique, et le systématiseur en particulier qui travaille habituellement sur des échantillons fixés et décolorés. Le lecteur peut ainsi admirer 240 espèces.

Une introduction bilingue rappelle l'organisation générale des Echinodermes, leur nombre et leur répartition dans le monde, et leurs méthodes d'étude; puis les cinq classes font successivement l'objet d'une présentation générale (morphologie, biologie, écologie, méthodes de récolte et de conservation), d'une clé dichotomique bilingue d'identification des genres, parfois des espèces, et de la photothèque; les clés sont souvent illustrées. La

photographie de chaque espèce s'accompagne des principaux caractères morphologiques, des dimensions, de la coloration à l'état vivant, de quelques lignes d'écologie, et de la distribution géographique. L'espèce est replacée dans son cadre systématique.

Tous les auteurs, spécialistes confirmés, ont une longue expérience des Echinodermes : C. de Ridder traite les Echinides; J.-P. Ferral et G. Cherbonnier, les Holothurides; M. Jangoux, les Astérides; A. Guille et C. Vadon, les Ophiurides; D.L. Meyer, les Crinoïdes.

Les références bibliographiques groupées en fin de volume, sont centrées sur les espèces indopacifiques tropicales, mais rassemblent aussi quelques ouvrages de synthèse et de vulgarisation pouvant permettre aux amateurs d'approfondir leur connaissance sur l'origine, la classification et la biologie des Echinodermes.

Enfin, un index termine cet ouvrage collectif.

Une reliure toilée et la belle composition de la jaquette, jointes à la qualité des photographies donnent à ce livre une présentation soignée et réussie. Ce guide, original par sa remarquable photothèque sous-marine, se révèle un outil de travail appréciable pour le scientifique et l'amateur naturaliste; nul doute que le grand public amoureux de la mer soit séduit par la beauté des Echinodermes.

Nicole Coineau

ANALYSE D'OUVRAGE / BOOK REVIEW

photographie de chaque espèce s'accompagne des principaux caractères morphologiques, des dimensions, de la coloration à l'état vivant, de quelques lignes d'écologie, et de la distribution géographique. L'espèce est révisée dans son cadre systématique.

Tous les auteurs, spécialistes confirmés, ont une longue expérience des Echinodermes : C. de Rüdiger traite les Echinides; J.-P. Fernal et G. Chéronnier, les Holothurides; M. Jangoux, les Astérides; A. Guille et C. Yadin, les Opiniides; D.L. Meyer, les Crinoïdes.

Les références bibliographiques groupées en fin de volume, sont centrées sur les espèces indopacifiques tropicales, mais rassemblent aussi quelques ouvrages de synthèse et de vulgarisation pouvant permettre aux amateurs d'approfondir leur connaissance sur l'origine, la classification et la biologie des Echinodermes.

Enfin, un index termine cet ouvrage collectif.

Une reliure soignée et la belle composition de la jaquette, jointes à la qualité des photographies donnent à ce livre une présentation soignée et réussie. Ce guide, original par sa remarquable photographie sous-marine, se révèle un outil de travail appréciable pour le scientifique et l'amateur naturaliste, nul doute que le grand public amateur de la mer soit séduit par la beauté des Echinodermes.

Nicolas Coineau

Guille A., P. Laboute et J.L. Menou, 1986. Guide des Etoiles de Mer, Ourins et autres Echinodermes du Lagon de Nouvelle-Calédonie. Faune Tropicale, n° 25, ORSTOM éd., 238 p. Prix 350 F. 225 photographies couleurs.

Parmi les investissements des récifs tropicaux, les Echinodermes occupent une place importante par leur biomasse et le nombre des espèces.

Le guide des Echinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie est conçu autour de documents photographiques sous-marins d'une qualité exceptionnelle. Ces photographies des espèces dans leur milieu naturel, dues à P. Laboute et J.L. Menou, permettent leur identification. Les photographies, permettant leur identification, contiennent ainsi une approche nouvelle, agréable et enrichissante en informations pour le scientifique, et le systématiste en particulier qui travaille habituellement sur des échantillons fixés et décolorés. Le lecteur peut ainsi admirer 240 espèces.

Une introduction bilingue rappelle l'organisation générale des Echinodermes, leur nombre et leur répartition dans le monde, et leurs méthodes d'étude; puis les cinq classes font successivement l'objet d'une présentation générale (morphologie, biologie, écologie, méthodes de récolte et de conservation), d'une clé dichotomique bilingue d'identification des genres, parfois des espèces, et de la photographie; les clés sont souvent illustrées. La

Directeur gérant de la publication : J. SOYER

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Printed in France

Dépôt légal : 2^e trimestre 1989

Commission paritaire n° 22217

Imprimerie Louis-Jean, 05002 GAP cedex — Dépôt légal n° 341 — Mai 1989

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

TEXTE

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne sur le recto seulement des feuilles numérotées (ne pas excéder 20 pages) sont présentés en trois jeux complets, sous leur forme définitive.

Le titre du manuscrit doit être le plus court possible; il est suivi du prénom et du nom de l'auteur (ou de chacun des auteurs) ainsi que de l'adresse (ou des adresses) du Laboratoire dans lequel a été effectué le travail.

Chaque manuscrit comportera :

- un résumé en français de 15 lignes maximum figurant en début d'article, suivi de sa traduction en anglais,
- des mots clés français et anglais (6 au maximum) permettant un traitement rapide par les revues analytiques,
- un titre abrégé pour haut de page (60 signes et espaces au plus),
- la traduction anglaise du titre de l'article,
- une liste hors-texte des légendes des illustrations et leur traduction en anglais,
- une liste hors-texte des légendes des tableaux numérotés en chiffres romains et traduites en anglais.

Les noms scientifiques (genres, espèces, sous-espèces) figurent en italiques ou soulignés d'un seul trait.

Les références bibliographiques des auteurs cités dans le texte sont regroupées à la fin du manuscrit dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; elles doivent être conformes aux modèles suivants :

GRIFFITHS C.L. and J.A. KING, 1979. Some relationships between size, food availability and energy balance in the Ribbed Mussel *Aulacomya ater*. *Mar. Biol.*, 51 (2) : 141-150.

EAGLE R.A. and P.A. HARDIMAN, 1977. Some observations on the relative abundance of species in a benthic community. *In* Biology of Benthic Organisms. Edited by B.F. Keegan, P.O. Ceidigh and P.J.S. Boaden, Pergamon Press, Oxford-New York, 197-208.

Le titre des périodiques doit être abrégé d'après les règles internationales (World list of Scientific Periodicals).

Les notes infrapaginales et les remerciements seront aussi brefs que possible.

ILLUSTRATIONS

Les figures au trait doivent être exécutées à l'encre de chine sur papier calque assez fort, bristol, carte à gratter, papier millimétré bleu. Il est exigé des lettres et chiffres « transfert » par caractères autocollants (de préférence « Futura ») pour le lettrage et la numérotation, dont la taille tient compte de la réduction à supporter. Les figures sont regroupées au maximum en planches dont la justification pleine page est 17 × 24,35 cm une fois réduites (penser à retrancher la légende de ces dimensions); largeur d'une colonne : 8,1 cm. Méthode des « rectangles homologues » pour la réduction : tracer les diagonales d'un rectangle de 17/24,35 cm, les prolonger; tout rectangle admettant ces prolongements comme diagonales correspondra à la justification après réduction. Indiquer le numéro d'ordre des figures en chiffres arabes et le nom de l'auteur au crayon bleu au recto ou au dos. Ne pas inscrire de légende sur les illustrations.

Regrouper les similis (photographies, lavis...) en planches. Employer une échelle graphique qui sera réduite avec la figure, et un lettrage par transfert. Tableaux et planches similis sont numérotés de I à N en chiffres romains. Limiter le nombre des tableaux et ne retenir que ceux qui sont indispensables à la compréhension du travail.

La revue publie gratuitement 2 planches au trait pleine page et 1 seule planche en simili; les illustrations supplémentaires ou en couleurs sont facturées aux auteurs.

ÉPREUVES ET TIRÉS À PART

Un jeu d'épreuves accompagné du manuscrit est envoyé à l'auteur qui doit retourner l'ensemble après correction et indication de la place des illustrations dans le texte, dans un délai maximum de 15 jours.

25 tirés à part par article sont offerts. Les exemplaires supplémentaires, facturés directement par l'imprimeur doivent être commandés dès réception de l'imprimé spécial joint aux épreuves.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

TEXT

The manuscript should be typed double-spaced on one side of white paper, format A4, pages numbered (max, 20 pp), and sent in definitive form, in triplicate, to the editor.

The title of the paper should be as concise as possible; it is followed by the first and second name of the author(s) and address of the laboratory at which the work was done. Each manuscript should include :

- a french summary of 15 lines max., followed by the english translation,
- key words in french and english (6 max.) allowing treatment by abstracting journals,
- short version of title (60 signs and spaces max.),
- english translation of the full title,
- a separate list of figure legends in english and french,
- a separate list of numbered tables with their legends in english and scientific names (genera, species, sub-species) should be written in italics or underlined once.

References of papers cited in the text should be listed at the end of the manuscript in alphabetical order, according to the following models :

GRIFFITHS C.L. and J.A. KING, 1979. Some relationships between size, food availability and energy balance in the Ribbed Mussel *Aulacomya ater*. *Mar. Biol.*, 51 (2) : 141-150.

EAGLE R.A. and P.A. HARDIMAN, 1977. Some observations on the relative abundance of species in a benthic community. *In* Biology of Benthic Organisms. Edited by B.F. Keegan, P.O. Ceidigh and P.J.S. Boaden, Pergamon Press, Oxford-New York, 197-208.

The title of a journal must be abbreviated according to the rules set by the World list of Scientific Periodicals.

Footnotes and acknowledgments should be as brief as possible.

ILLUSTRATIONS

Line drawings should be prepared with India ink on heavy tracing paper, bristol board, white drawing-cardboard or graph paper (blue grid). Letters and numbers on figures should be large enough to be easily readable after reduction; use letter transfer equipment, preferably Futura characters. As far as possible, figures should be grouped in plates of 17 × 24.35 cm final size (generally the explanations are included in this frame); the width of a single column is 8.1 cm. Prepare figures using the "homologous rectangles" rule; indicate the number of the figure and the author's name with blue pencil on the back of the figure. Do not write explanations on the figure.

Photographs and half-tone drawings must always be grouped as plates. Scale bars are reduced with the figures. Number plates and tables in roman numbers on the back. Limit total number of tables to an absolute minimum of items indispensable for clear presentation.

The journal publishes free of charge two plates with line drawings and one plate of half-tone figures per article. Additional illustrations and colour plates are charged to the author(s).

GALLEY-PROOFS AND REPRINTS

One set of galley-proofs is sent with the manuscript to the author(s); both proofs and manuscript must be returned to the editor with indications on indispensable corrections and insertion of figures within two weeks.

The journal provides 25 reprints free of charge. Additional reprints can be ordered by using the form enclosed with the galley-proofs.

SOMMAIRE - SUMMARY

Nutrients status in a eutrophic mediterranean lagoon	N. FRILIGOS	63
Evolution des peuplements malacologiques de la lagune méditerranéenne de Nador (Maroc) <i>Temporal changes of mollusc communities in the Mediterranean lagoon of Nador (Morocco)</i>	S. CLANZIG	71
Aspects du zooplancton côtier de l'île de Rhodes (Mer Egée) <i>Aspects of coastal zooplankton of the Rhodes island (Aegean Sea, Greece)</i>	I. SIOKOU-FRANGOU et E.PAPATHANASSIOU	77
Toxicité aiguë des nitrophénols vis-à-vis de <i>Daphnia magna</i> <i>Acute toxicity of nitrophenols to Daphnia magna</i>	J. DEVILLERS	87
The effect of some abiotic factors on the distribution and selection of habitat by the carabid beetles in the central Sierra Morena Mountains (SW Córdoba, Spain)	A.M. CARDENAS and C. BACH	93
Present state of seaweed production along the romanian Black Sea shore	A.S. BOLOGA	105
Facteurs écologiques influençant la répartition et la dynamique des populations de <i>Xenopsylla cunicularis</i> Smit, 1957 (<i>Insecta : Siphonaptera</i>), Puce inféodée au Lapin de Garenne, <i>Oryctolagus cuniculus</i> (L.) <i>Ecological factors acting on the distribution and the population dynamics of Xenopsylla cunicularis Smit, 1957 (Insecta : Siphonaptera) a flea parasitic on the European rabbit, Oryctolagus cuniculus (L.)</i>	H. LAUNAY	111
<i>Leptothorax fuentei</i> Santschi, 1919, en France (<i>Hymenoptera, Formicidae</i>) <i>Leptothorax fuentei Santschi, 1919, in France (Hymenoptera, Formicidae)</i>	X. ESPADALER et P. DU MERLE	121
Analyse d'ouvrage / <i>Book review</i>		125