

ISSN 0240-8759

Vie et Milieu

Vol. 32 n° 2 - Juin 1982

Périodique d'écologie - Publication trimestrielle

VIE ET MILIEU
PÉRIODIQUE D'ÉCOLOGIE GÉNÉRALE
LABORATOIRE ARAGO - UNIVERSITÉ P. et M. CURIE

Vie et Milieu publie des contributions dans les domaines de l'Ecologie, 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 Mme 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.

Membres du Comité scientifique international :

A. ANGELIER (Toulouse, France), M. BACESCO (Bucarest, R.P. Roumanie), M. BATTAGLIA (Padoue, Italie), M. BLANC (Paris, France), C.F. BOUDOURESQUE (Marseille, France), P. BOUGIS (Paris, France), C. COMBES (Perpignan, France), C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (Paris, France), P. DRACH (Paris, France), C. DUBOUL-RAZAVET (Perpignan, France), J. FOREST (Paris, France), R. HESSLER (La Jolla, U.S.A.), A. IVANOFF (Paris, France), W. KÜHNELT (Vienne, Autriche), M. KUNST (Prague, Tchécoslovaquie), M. LAMOTTE (Paris, France), L. LAUBIER (Paris, France), P. LUBET (Caen, France), R. MARGALEF (Barcelone, Espagne), M. PAVANS DE CECCATY (Lyon, France), J.M. PÉRÈS (Marseille, France), J. POCHON (Paris, France), P. REY (Toulouse, France), H. SAINT GIRONS (Paris, France), M. VACHON (Paris, France), E. VIVIER (Lille, France).

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

Abonnements/Subscriptions 1982

	FRANCE	AUTRES PAYS
Un an (4 numéros) / <i>Annual subscription (4 issues)</i>	380 F	430 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*

Le fascicule 1982 :	FRANCE	ÉTRANGER
	104 F	134 F

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

NOTES ON THE FEEDING HABITS OF *EPIGONUS DENTICULATUS* (PISCES, APOGONIDAE) IN THE CATALAN SEA (WESTERN MEDITERRANEAN)

J. MATALLANAS

Departamento de Zoología,
Universidad Autónoma de Barcelona
Bellaterra, Barcelona. Espagne

RÉGIME ALIMENTAIRE
EPIGONUS
MÉDITERRANÉE

DIET
EPIGONUS
MEDITERRANEAN

RÉSUMÉ. — *Epigonus denticulatus* se nourrit de Crustacés (représentés par six groupes différents) et de Téléostéens (*Cylothone braueri* essentiellement) en parties à peu près égales et son régime alimentaire varie considérablement en fonction de la taille des exemplaires et des saisons. Le coefficient de réplétion annuel est de 67,6 %. Il est plus bas en hiver, coïncidant avec la période de reproduction, et décroît quant la taille des spécimens augmente. Les Mysidacés et les Copépodes sont la nourriture de base des représentants de la classe de taille I (55-74,5 mm), les Euphausiacés de la II (75-99,5 mm) et les Téléostéens de la III (100-150 mm longueur standard).

ABSTRACT. — *Epigonus denticulatus* feeds on crustaceans (represented by six different groups) and on bony fishes (mainly *Cylothone braueri*) in almost equal proportions. Its diet shows considerable variation throughout the year as well as according to size. The annual coefficient of repletion is 67,6 %. It is at its lowest in winter, coinciding with the breeding season, and decreases as size increases. Mysidaceans and copepods make up the basic prey of those specimens belonging to size class I (55-74,5 mm); euphausiaceans are the basic food in Class II (75-99,5 mm) and bony fishes in Classe III (standard length of 100-150 mm).

I. INTRODUCTION

In its adult state, *E. denticulatus* is a demersal species (Mayer, 1974). It is fairly frequent in the Catalan Sea, but normally the number of specimens found between 200 and 700 m is low (Matallanas, 1979). It is 120 mm long at sexual maturity and, according to Dieuzeide, 1950, "dès la fin février, pendant mars et avril nous avons trouvé des mâles et des femelles dont les organes génitaux étaient très développés, beaucoup au stade VI, quelques-uns au stade VII". The life cycle of *E. denticulatus*, according to Mayer (*op. cit.*), includes a pelagic juvenile stage in which dentition is much the same as in the adult except for fewer and relatively larger recurved

teeth. The largest of the juvenile examples studied by Mayer had a standard length of 49,7 mm, and there is no information available concerning size after the pelagic stage. According to various authors (Dieuzeide, *op. cit.*; Bini, 1968; Tortonese, 1975), *E. denticulatus* does not exceed 180 mm in total length in the Mediterranean.

What little information there is on the diet of the fish is provided by Dieuzeide (*op. cit.*) who says "le caecum stomacal est souvent bourré de larves de Mysidacés, d'Euphausiacés, de larves de Pandalinés. Dans un échantillon j'ai reconnu *Pasiphaea sivado*. Dans un autre individu, 2 *Myctophum*".

This paper presents the qualitative and quantitative make up of the diet of *E. denticulatus*, together with variations according to season and size.

II. MATERIAL AND METHODS

A study has been made of the stomach contents of 362 specimens caught, by the trawler "Xurrich", off Blanes (Catalan sea) between 200 and 600 m at monthly intervals for one year. Standard lengths between 55 and 150 mm average of 103, 83 mm; S.D. 17,58 mm (Fig. 1). The specimens taken were fixed in 10% formalin on board ship to prevent digestion of the stomach contents. In the laboratory the stomachs were individually preserved in 70% alcohol, and their contents weighed and identified. Copepods are given as a group, without a breakdown into species, because further identification is delicate and because they represent only a very small weight portion of the diet of *E. denticulatus*. Nor have the amphipods been further identified (only six Gammaridae were found throughout the whole year).

Of the numerous methods existing for a quantitative analysis of fish feeding habits, the following indices and coefficients have been used (Hureau, 1970):

1. *Coefficient of repletion* (C.R.): percentage of stomachs containing food.

2. *Numerical index* (Ni): percentage of specimens of a particular species in relation to total number of specimens.

3. *Frequency index* (Fi): percentage of stomachs with prey of a particular species (or group) in relation to number of stomachs with food. The sum total of the frequency indices is generally higher than 100, since several kinds of organisms may be found simultaneously in the same stomach.

4. *Weight index* (Wi): percentage in weight of all specimens of one particular species in relation to total weight of all prey.

5. *Nutritional coefficient* (Q) = $N_i \times W_i$. Hureau (*op. cit.*) has given a three-category classification of the different groups of prey making up the diet of fishes, according to their nutritional coefficient: in the "basic prey" Q is higher than 200 and may even reach several thousand; in "secondary prey", Q varies between 20 and 200, and in "incidental prey", Q is lower than 20 and generally placed between 0 and 1;

III. RESULTS

a) General

Of the 362 stomachs analysed, 245 were found to contain food: the annual coefficient of repletion is 67,6% (Spring; 69,0; 66,8; autumn, 80; winter, 59,2). The total number of prey was 1550 and 14 different species have been identified (Tabl. I). Average number of prey per stomach is 6,3.

Qualitatively speaking, the diet of *E. denticulatus* can be said to be made of copepods, ostracods (1 species), mysidaceans (4 species, with *Boreomysis artica* as the

most frequent), amphipods, euphausiaceans (5 species, with *Meganyctiphanes norvegica* and *Euphausia krohnii* most prominent), decapoda natantia (2 species, equally represented) and bony fishes (2 species, of which *Cyclothone braueri* is by far the more important).

E. denticulatus feeds on crustaceans (Fi: 49,3; Wi: 47,4) and bony fishes (Fi: 42,1; Wi: 42,4) in almost equal proportions. However, whereas the crustaceans are represented by 6 groups, the values given for the

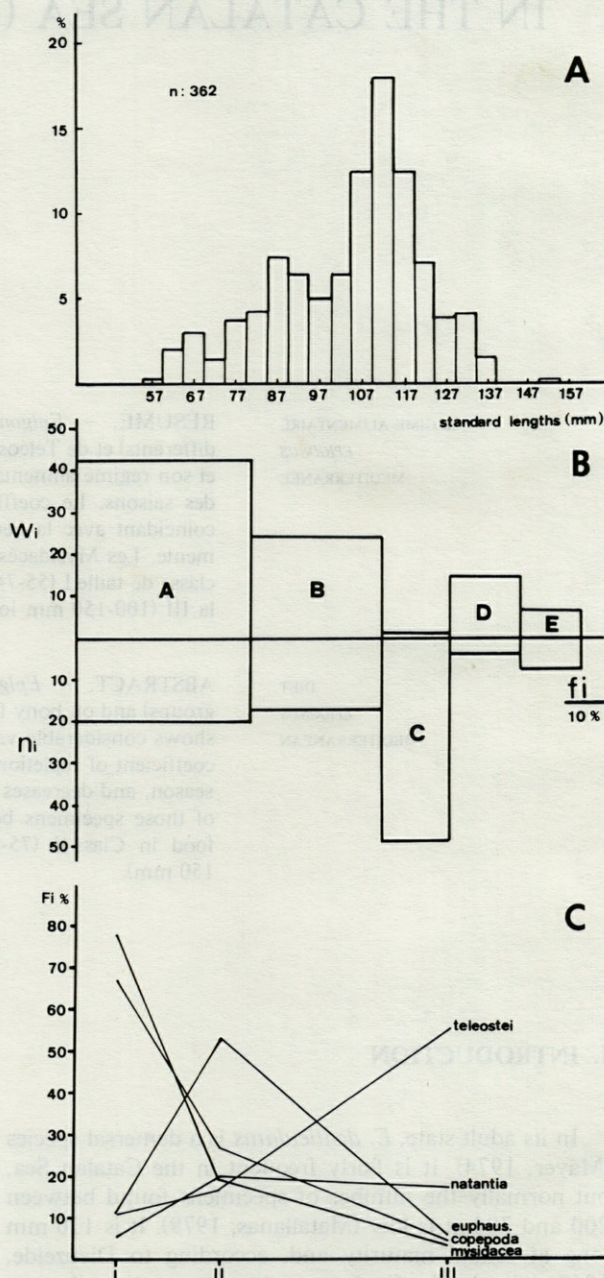


Fig. 1. — A, Distribution of size frequencies in studied population. B, Annual importance, in frequency, number and weight, of basic and secondary groups in the diet of *E. denticulatus*. A: Teleostei; B: Euphausiacea; C: Copepoda; D: Natantia; E: Mysidacea. C, Annual values of the frequency index of basic and secondary groups in the three size-classes.

Table I. — Diet composition of *E. denticulatus*. Seasonal and annual quantitative importance of each prey in frequency and weight. Annual values of nutritional coefficient and numerical index.

FOOD ITEMS	Numerical index (Ni)	Frequency index (Fi)					Weight percentage (Wi)					Nutritional Coeff. (Q)
	Annual	Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual	Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual	Annual
Crustacea	78	58.82	35.29	58.33	87.5	49.39	69.72	22.56	65.01	90.56	47.72	3,722.16
Copepoda	48.96	15.68	10.08	25	56.25	16.06	0.40	0.26	0.22	37.73	0.93	45.53
Ostracoda	0.12	—	0.84	8.33	—	0.80	—	—	—	—	0.01	0.00
<i>Conchoecia obtusata</i>	0.12	—	0.84	8.33	—	0.80	—	—	—	—	0.01	0.00
Mysidacea	7.42	7.84	11.76	41.66	56.25	14.45	4.00	8.44	25.96	52.83	8.10	60.10
<i>Lophogaster typicus</i>	0.90	1.96	—	—	—	0.80	0.46	—	—	—	0.21	0.19
<i>Boreomysis arctica</i>	5.93	3.92	11.76	33.33	56.25	12.44	3.40	8.44	23.20	52.83	7.85	46.55
<i>Erythropeleus elegans</i>	0.32	—	—	8.33	—	0.40	—	—	2.76	—	0.15	0.04
<i>Parapseudomma callophura</i>	0.06	0.98	—	—	—	0.40	0.03	—	—	—	0.01	0.00
Unidentified	0.19	0.98	—	—	—	0.40	0.10	—	—	—	0.04	0.00
Amphipoda	0.38	1.96	1.68	8.33	—	2.00	0.06	0.06	0.16	—	0.06	0.02
Euphausiacea	17.54	72.54	4.20	—	—	31.72	49.23	2.48	—	—	23.79	417.27
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	6.38	23.53	2.52	—	—	10.84	24.31	2.09	—	—	12.15	77.51
<i>Euphausia krohnii</i>	2.12	7.84	1.68	—	—	4.01	6.21	0.39	—	—	3.03	6.42
<i>Nyctiphanes couchii</i>	1.35	1.96	—	—	—	0.57	2.80	—	—	—	1.28	1.72
<i>Nematoscelis megalops</i>	0.77	6.86	—	—	—	2.81	1.60	—	—	—	0.73	0.56
<i>Stylocheiron maximum</i>	0.06	0.98	—	—	—	0.40	0.13	—	—	—	0.06	0.00
Unidentified	6.83	31.37	—	—	—	12.85	14.16	—	—	—	6.50	44.39
Decapoda Natantia	3.54	18.62	17.64	16.66	—	16.86	16.03	11.32	38.67	—	14.82	52.46
<i>Sergestes arcticus</i>	1.09	—	5.88	16.66	—	3.61	—	8.51	38.67	—	6.13	6.68
<i>Pasiphaea sivado</i>	1.16	10.78	1.68	—	—	5.22	10.68	1.31	—	—	5.52	6.40
Unidentified	1.29	7.84	10.08	—	—	8.03	5.34	1.50	—	—	3.16	4.07
Teleostei	19.41	36.27	51.26	58.32	—	42.16	29.85	57.09	34.79	—	42.42	823.37
<i>Cyclothone braueri</i>	15.87	19.60	24.36	16.66	—	20.48	27.25	36.14	13.81	—	30.23	479.75
<i>Lampanyctus pusillus</i>	0.32	1.96	—	16.66	—	1.60	1.60	—	19.33	—	1.81	0.57
Unidentified	3.22	14.70	26.89	25	—	20.08	1.00	20.95	1.65	—	10.37	33.39
Unidentified food	2.58	5.88	26.05	—	18.75	16.06	0.40	20.30	—	9.43	9.85	25.43
No Stomach examined	362	142	178	15	27							
Standard Length (mm)	55-150	68-150	55-137	61-122	60-132							

bony fishes are basically due to the presence of *Cyclothone braueri*. The most important species in the diet of *E. denticulatus* are *C. braueri* (Fi: 20,4; Wi: 7,8), *M. norvegica* (Fi: 10,8; Wi: 12,1) and *B. arctica* (Fi: 12,4; Wi: 7,8). With the exceptions of *Sergestes arcticus*, *Pasiphaea sivado* and *Euphausia krohnii*, the other species have very low annual Fi and Wi, and should therefore be considered as incidental prey (Nikolsky, 1963).

In Fig. 1 B there is a diagram of the index of relative importance (IRI = $Fi(Ni + V)$) of Pinkas *et al.* (1971) in which volume has been replaced by weight. The different groups which make up the diet of *E. denticulatus* are given from left to right in order of decreasing importance.

b) Seasonal changes in diet (Fig. 2)

Copepods and mysidaceans are the only 2 groups present throughout the year. According to Hureau's (*op. cit.*) classification, the former are basic prey in winter only and incidental in other seasons; mysidaceans are a basic group in autumn and secondary throughout the

remainder of the year. Both groups, together with unidentified remains, are the only components of the winter diet: copepods are consumed by specimens having a total length of over 10 cm, and *Boreomysis arctica*, the sole representative of the mysidaceans in winter, is devoured by specimens under 10 cm.

In spring the most important group is that of euphausiaceans, in terms of number, frequency and weight. Nevertheless, this group appears only in the sample of April; in May and June the group is replaced by bony fishes and mysidaceans, which reach their lowest values in spring (Fi: 7,84; Wi: 4) and gradually increase in importance towards winter (Fi: 56,25; Wi: 52,83) becoming basic prey in autumn and winter.

Decapoda natantia are absent only in the winter diet; they constitute the third basic group (after mysidaceans and bony fishes) in autumn, and are secondary in spring and summer.

c) Variations of diet according to size

Three size classes have been set up (I, 55-74,5 mm: 19 specimens; II, 75-99,5 mm: 103 specimens and III,

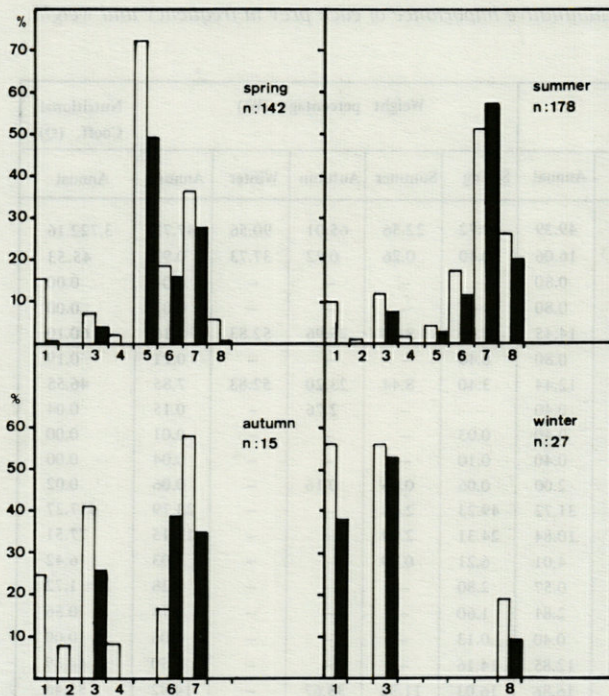


Fig. 2. — Seasonal composition, in frequency and weight, of diet of *E. denticulatus*. 1 : Copepoda; 2 : Ostracoda; 3 : Mysidacea; 4 : Amphipoda; 5 : Euphausiacea; 6 : *D. Natantia*; 7 : Teleostei; 8 : Unidentified remains.

100-155 : 240 specimens) bearing in mind the frequency distribution given in Fig. 1. In view of the fact that *E. denticulatus* reaches sexual maturity with a total length of 120 mm, approximately 100 mm standard length, (Dieuzeide, *op. cit.*), those appearing in the third size-class are adults. The very high frequency of mysidaceans and copepods in Class I drops sharply in Class II and is even lower in Class III. The opposite is found with bony fishes. Euphausiaceans have a high frequency in Class II only. Decapoda natantia are stable, about 20 %, in Class II and III, even though by weight they are more important.

Coefficient of repletion values also differ from class to class : 94, 73 in I; 72, 81 in II and 63, 33 in III.

IV. DISCUSSION

The lowest value for the coefficient of repletion is found in winter, coinciding with the breeding season (Dieuzeide, *op. cit.*). It is common knowledge that with many fishes feeding is less intense, or even non-existent, in the breeding season. The winter food of *E. denticulatus* is made up of copepods and *Boreomysis arctica*, together with other unidentified remains. From this it might be deduced that there is no great variety of prey in the environment with consequent repercussions on the coefficient of repletion.

An analysis of the winter diet shows that, with regard to the three size-classes already mentioned, there is a decrease of the coefficient of repletion from 80 % in Class I (unaffected by breeding) to 50 % in Class III (in the breeding season). It should be accepted, therefore, that this drop in the coefficient of repletion in winter is at least partly due to the fact that some of the specimens under study are at the reproduction stage; nevertheless, the values for the coefficient of repletion in the remaining specimens are lower in this period than during the rest of the year. Mysidaceans are the basic winter food of Class I (Fi : 100 as opposed to 14,2 in Class III), and copepods in the case of Class III (Fi : 85,7 as opposed to 25 in Class I).

Euphausiaceans, very important in the spring diet (Fi : 72,5; Wi : 49,2), are much less important in summer and are absent from stomach contents in autumn and winter. Casanova (1970) mentions the presence of euphausiaceans throughout the year in the western Mediterranean, with *M. norvegica* as the dominant species above latitude 42 (close to where the specimens of *E. denticulatus* studied here were captured). Franqueville (1971) says that euphausiaceans form the most abundant group (thanks to *M. norvegica*) of bottom-dwelling micronecton, with its maximum in autumn and its minimum in spring. This raises the question of why there is such a drop in the quantity of euphausiaceans in stomach contents in summer and absence of them in autumn and winter. Fig. 1C shows that this group is the basic food of specimens in Class II (75-99,5 mm). In April (the only spring month in which this group is present) all the specimens studied, with the exception of 5 from Class III, belong to size-Class II. The conclusion to be drawn is that the high spring indices of euphausiaceans are due solely to the composition of the sample studied. In the remainder of the spring samples, together with the summer samples, almost all of the specimens belong to size-class III. The autumn and winter samples are too small to allow any hypothesis, but even so the majority of the specimens belong to Classes III and I.

V. CONCLUSIONS

E. denticulatus feeds on crustaceans and bony fishes; its diet presenting considerable variations throughout the year as well as according to size.

The values for the coefficient of repletion drop as size increases and are lower in winter (irrespective of size) than in the remaining seasons of the year.

There is prey preference according to size; as size increases, there is a corresponding increase in the frequency of bony fishes and decrease in the frequency of mysidaceans and copepods.

Following Hureau's (*op. cit.*) classification into basic, secondary and incidental prey, it may be said that, in annual terms, bony fishes belong to the first group;

mysidaceans, decapoda natantia and copepods to second and the remainder to the third group.

Taking into consideration the size classes it may be clearly that mysidaceans and copepods are the basic food groups of Class I, euphausiaceans of Class II and bony fishes of Class III. Euphausiaceans are consumed almost exclusively by the specimens belonging to size-class II.

Considering the ecological food types, as defined by Geistdoerfer (1975), *E. denticulatus* is a pelagic predator, since the annual Ni of its pelagic prey is higher than 70 per cent of the total.

ACKNOWLEDGEMENTS. My thanks to the skipper and crew, above all to Mr. Francisco, of the trawler "Xurich" from Blanes, for providing the specimens studied in this paper.

REFERENCES

- BINI, G., 1968. Atlante dei pesci delle Coste italiane. IV : Perciformi (Mugiloidei, Percoidei). Mondo Sommerso, Milano, 163 p.
- CASANOVA, B., 1970. Répartition bathymétrique des Euphausiacés dans le bassin occidental de la Méditerranée. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **34** (2) : 205-219.
- DIEUZEIDE, R., 1950. Sur un *Epigonus* nouveau de la Méditerranée (*Epigonus denticulatus* nov. sp.). *Bull. Stn. Aquic. Pêch. Castiglione*, n. s., **2** : 89-105.
- FRANQUEVILLE, C., 1971. Macroplankton profond (invertébrés) de la Méditerranée nord-occidentale. *Téthys*, **3** (1) : 11-56.
- GEISTDOERFER, P., 1975. Écologie alimentaire des Macrouridae (Téléostéens, Gadiformes). Alimentation. Morphologie et histologie de l'appareil digestif. Place des Macrouridae dans la chaîne alimentaire profonde. *Thèse Doc. Etat. Univ. Paris VI*, 315 pp.
- HUREAU, J.C., 1970. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bull. Inst. océanogr., Monaco*, **68** (1391) : 1-244.
- MATALLANAS, J., 1979. Contribución al estudio de la ictiofauna de la zona explotada por las barcas de pesca de Blanes (mar Catalán). *Bol. Soc. Hist. Nat., Baleares*, **23** : 127-145.
- MAYER, G.F., 1974. A revision of the cardinalfish genus *Epigonus* (Perciformes, Apogonidae), with descriptions of two new species. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.*, **146** (3) : 147-203.
- NIKOLSKY, G.V., 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London and New York, 352 pp.
- PINKAS, L., M. OLIPHANT & I. IVERSON, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish Bull.*, **152** : 105 pp.
- TORTONESE, E., 1975. Osteichthyes (Pesci ossei), Parte Seconda. *Fauna Ital.*, 11, Calderini, Bologna, 636 p.

PROCESSUS D'ÉCLOSION DES ŒUFS DE DURÉE DE *BRACHIONUS CALYCIFLORUS* PALLAS (ROTIFÈRE). COMPARAISON DE DEUX CLONES

R. POURRIOT, D. BENEST et C. ROUGIER

École Normale Supérieure, Zoologie
46, rue d'Ulm
F. 75230 Paris Cedex 05

ROTIFÈRE
BRACHIONUS
DIAPAUSE
STRATÉGIE ADAPTATIVE
ŒUFS DE DURÉE

RÉSUMÉ. — Deux clones de *B. calyciflorus* présentent des différences portant sur les conditions de maintien en diapause et les processus d'éclosions des œufs de durée. Ces caractères cloniques pourraient peut-être constituer une réponse aux conditions propres à chaque milieu d'où sont issus ces clones (instabilité et imprévisibilité).

ROTIFERS
BRACHIONUS
DORMANCY
ADAPTATIVE STRATEGY
RESTING EGGS

ABSTRACT. — Two clones of *B. calyciflorus* show differences related to the conditions of keeping dormancy and to the hatching patterns of resting eggs. The clonal characters constitute probably a response to the environmental conditions peculiar to each population (instability and unprevisibility).

Nous avons montré dans un précédent travail (Pourriot *et al.*, 1983) le rôle primordial de la température dans le processus d'éclosion des œufs de durée de deux Brachionidés (*B. angularis* et *B. budapestinensis*) en relation avec les préférences thermiques des populations naturelles de ces deux espèces planctoniques. Nous poursuivons cette étude en nous intéressant cette fois à une autre espèce planctonique commune, *B. calyciflorus* dont nous élevons plusieurs clones au laboratoire.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les œufs de durée utilisés dans ces expériences sont issus de 2 clones provenant de femelles récoltées dans les 2 lacs de la région parisienne où avaient été aussi récoltées les 2 espèces citées ci-dessus :

- clone Cr 79 : mars 1979, lac de Créteil (département 94, superficie = 40 ha, charge en sels = 1,5 g l⁻¹);

- clone SR 80 : juillet 1980, lac de Beauséjour près Saint-Rémy-les-Chevreuse (département 78, superficie = 1 ha, charge en sels \approx 300 mg l⁻¹).

De volume très inégal, ces 2 lacs eutrophes sont caractérisés par la réduction de la ceinture végétale (dominance des eaux libres), une charge en Poissons relativement importante (empoisonnement pour les besoins d'une pêche de loisir) et un phytoplancton dominé par des espèces de petite taille (nannoplancton).

Les deux clones sont cultivés au laboratoire en eau de source peu chargée en sels (110 mg l⁻¹; eau commercialisée sous l'appellation « Volvic ») nourris de *Phacus pyrum* (Eugléniens) et maintenus en enceintes obscures régulées à 14 °C pour SR 80 et à 10 °C pour Cr 79; ce dernier a été acclimaté à 14 °C 2 semaines avant le début des expériences.

Les femelles mictiques ont été obtenues sans changement des conditions pour la souche Cr 79, et en changeant de nourriture (*Ankistrodesmus convolutus*) ou en élevant la température (à 18 °C) en présence de lumière (LD = 8 : 16) pour la souche SR 80 (Tabl. I).

Tabl. I. — Conditions de formation et d'éclosion des œufs de durée. I : intervalle de temps s'écoulant entre l'isolement des femelles portant les œufs de durée et la récolte de ceux-ci ; 1) taux d'éclosion cumulé (après 2 semaines pour le clone SR 80).

Forming and hatching conditions of the tested resting eggs. I : period of time elapsed between isolating the fertilized mictic females and collecting resting eggs ; 1) cumulated hatching rate (after two weeks for the SR 80 strain).

Clone	Conditions de formation des œufs de durée			I en jours	Conditions d'éclosion		Temps de latence en jours	Taux d'éclosion 1) en %	
	T°	L:D	nourriture		T°	L:D			
Cr 79	14	0:24	<i>Phacus pyrum</i>	6	5	0:24	23	85	
	>	>	>	>	14	0:24	7	100	
	>	>	>	4	14	8:16	10	100	
SR 80	18	8:16	<i>Phacus pyrum</i>	4	5	0:24	2	8,7	2/23
	>	>	>	>	14	0:24	1	51,6	16/31
	>	>	>	>	18	0:24	1	57,1	16/28
	>	>	>	>	22	0:24	1	65,4	17/26
	>	>	>	>	25	0:24	1	48,1	13/27
	>	>	>	>	18	8:16	1	84,6	
	14	0:24	<i>Ankistrodesmus</i>	4	5	0:24	1	2,8	1/36
	>	>	>	>	10	>	>	24,1	7/29
	>	>	>	>	14	>	>	68,5	24/35
	>	>	>	>	18	>	>	47	15/32
>	>	>	>	22	>	>	50	14/28	
>	>	>	>	25	>	>	53	18/34	

Dès que la densité de femelles mictiques fécondées est suffisante, celles-ci sont transférées dans une boîte de Petri contenant du milieu neuf. Après 4 à 6 jours, les œufs de durée bien formés et déposés sur le fond de la boîte sont répartis par lots de 30.

Ces différents lots sont ensuite suivis dans des conditions variées de température et d'éclairement (Tabl. I).

II. RÉSULTATS

1. Clone Cr 79

Les premières éclosions sont observées après un délai variant de 1 semaine (7 à 10 jours, à 14 °C) à 3 semaines (à 5 °C).

Les éclosions se poursuivent ensuite régulièrement et d'autant plus rapidement que la température est plus élevée : passé le temps de latence, 90 % des œufs éclosent en 2 mois à 5 °C et en 15 à 18 jours à 14 °C (Fig. 1A.).

Autrement dit, le taux d'éclosions cumulé (E) varie linéairement en fonction du temps (t), la droite de régression ayant une pente d'autant plus forte que la température est plus élevée; soit, en exprimant t en semaine :

$$\begin{aligned} \text{à } 5^\circ\text{C, taux d'éclosions } E &= 0,109 t \quad (r = 0,991) \\ \text{à } 14^\circ\text{C, taux d'éclosions } E &= 0,377 t \quad (r = 0,992) \end{aligned}$$

Aucune différence significative ne peut être relevée entre les 2 lots mis à 14 °C, l'un à l'obscurité (D) l'autre à la lumière (L, Fig. 1A).

Aux températures élevées (25 °C), le processus d'éclosions des œufs de durée de ce clone est totalement arrêté : aucune jeune femelle n'écloît d'œufs de durée maintenus à ces températures et à l'obscurité pendant au moins 2 mois, durée maximale expérimentée. Ces œufs de durée sont néanmoins parfaitement viables et capables d'éclore très rapidement lorsqu'ils sont transférés à une température plus basse (taux d'éclosions à 14 °C > 80 % en 48 heures, fig. 1B).

Une température de 22 °C suffit pour ralentir fortement les éclosions et la présence d'un éclaircissement (LD = 8 : 16) ne modifie pas significativement le processus de blocage ni celui de l'éclosion à 14 °C.

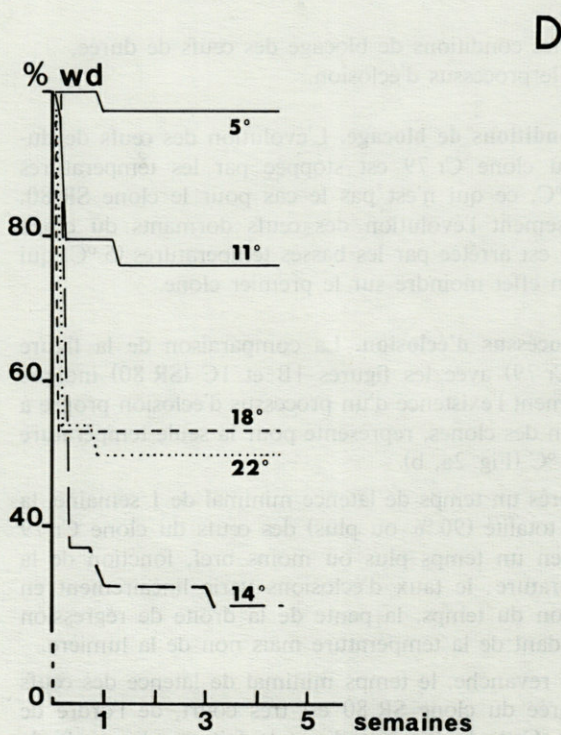
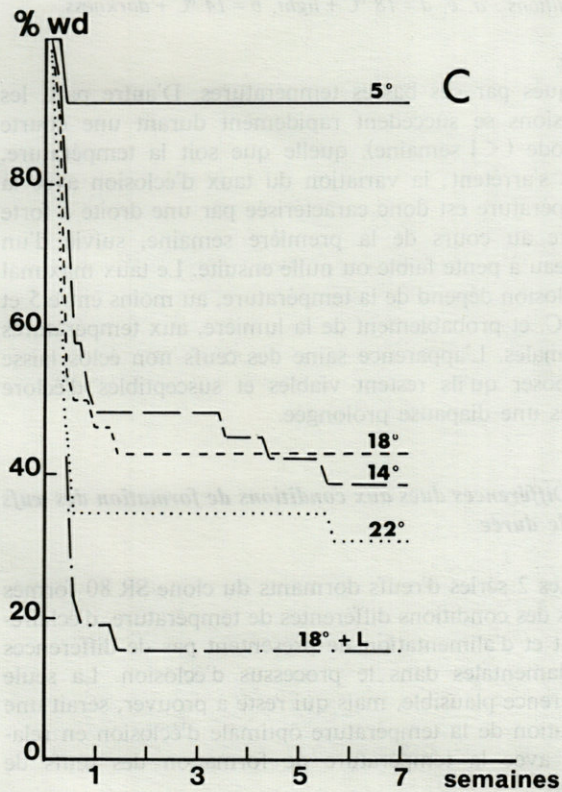
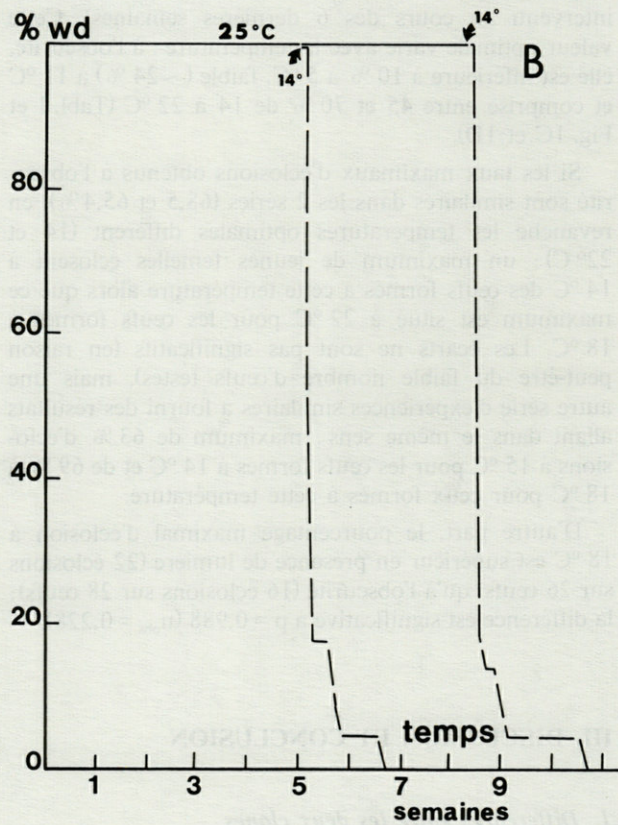
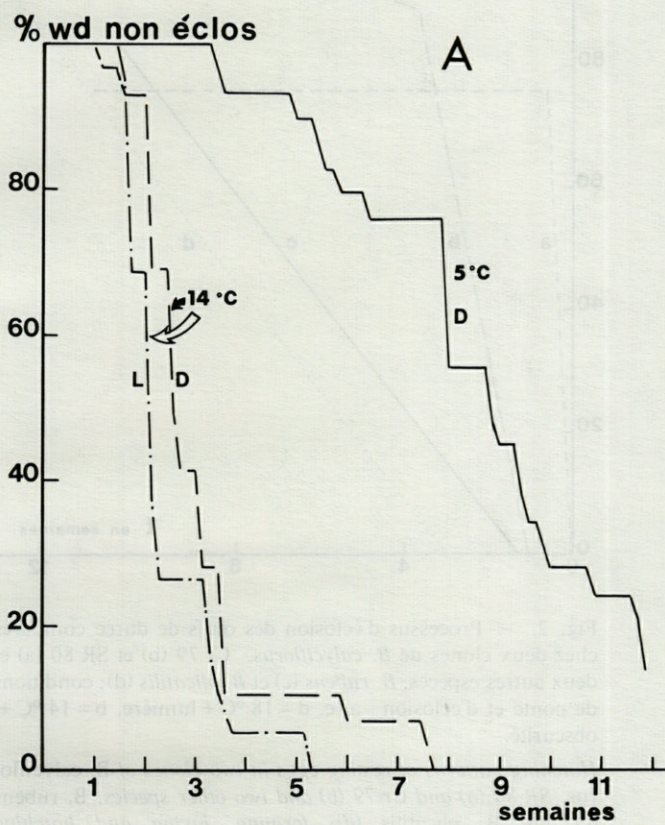
2. Clone SR 80

2 séries d'œufs de durée formés dans des conditions différentes de température, lumière et nourriture (Tabl. I) ont été suivies dans des conditions identiques de température (de 5 à 25 °C) et d'éclairement (nul, à l'exception d'un lot supplémentaire de la première série exposé, à 18 °C, à un éclaircissement de photopériode LD = 8:16).

Dans les 2 séries, le processus d'éclosions est similaire : les jeunes femelles éclosent 1 à 2 jours après l'isolement des œufs et les éclosions se succèdent très rapidement de sorte qu'en 2 à 4 jours les taux d'éclosions atteignent une valeur qui n'augmentera ensuite que faiblement pour se stabiliser à la 6^e semaine (les

Fig. 1. — A, Evolution de trois lots d'œufs de durée du clone Cr 79 placés à deux températures et deux éclaircissements différents. B, Blocage des éclosions par les températures élevées, à l'obscurité et levée du blocage par les températures moyennes (clone Cr 79). C, Evolution de 5 lots d'œufs de durée du clone SR 80 placés à quatre températures différentes, en absence de lumière et à 18 °C en présence de lumière (L). D, Evolution d'une seconde série de 5 lots d'œufs de durée (clone SR 80) formés dans des conditions différentes de la précédente série et placés à 5 températures différentes, à l'obscurité. N.B. Tous les résultats sont exprimés en pourcentage du nombre d'œufs restant à éclore.

A, Evolution of three lots of resting eggs (strain Cr 79) at two temperatures and two photoperiods. B, Blocking of the hatching of resting eggs by high temperatures in darkness and lifting of the blocking by a decrease in temperature (Strain Cr 79). C, Evolution of five lots of resting eggs (strain SR 80) at four different temperatures in darkness and at 18 °C in light. D, Evolution of a second set of 5 lots of resting eggs (strain SR 80) formed conditions different from the previous set and placed at four temperatures in darkness. All the results are expressed in percent of resting eggs remaining to hatch.



observations correspondant à la figure 1C ont été prolongées jusqu'à 12 semaines : aucun changement n'est intervenu au cours des 6 dernières semaines). Cette valeur optimale varie avec la température : à l'obscurité, elle est inférieure à 10 % à 5 °C, faible (~24 %) à 11 °C et comprise entre 45 et 70 % de 14 à 22 °C (Tabl. I et Fig. 1C et 1D).

Si les taux maximaux d'éclosions obtenus à l'obscurité sont similaires dans les 2 séries (68,5 et 65,4%), en revanche les températures optimales diffèrent (14 et 22 °C) : un maximum de jeunes femelles éclosent à 14 °C des œufs formés à cette température alors que ce maximum est situé à 22 °C pour les œufs formés à 18 °C. Les écarts ne sont pas significatifs (en raison peut-être du faible nombre d'œufs testés), mais une autre série d'expériences similaires a fourni des résultats allant dans le même sens : maximum de 63 % d'éclosions à 15 °C pour les œufs formés à 14 °C et de 69 % à 18 °C pour ceux formés à cette température.

D'autre part, le pourcentage maximal d'éclosion à 18 °C est supérieur en présence de lumière (22 éclosions sur 26 œufs) qu'à l'obscurité (16 éclosions sur 28 œufs); la différence est significative à $p = 0,988$ ($u_{\text{obs}} = 0,228$).

III. DISCUSSION ET CONCLUSION

1. Différences entre les deux clones

Les deux clones diffèrent incontestablement en 2 points :

- les conditions de blocage des œufs de durée,
- le processus d'éclosion.

a) Conditions de blocage. L'évolution des œufs de durée du clone Cr 79 est stoppée par les températures >22 °C, ce qui n'est pas le cas pour le clone SR 80. Inversement l'évolution des œufs dormants du clone SR 80 est arrêtée par les basses températures (5 °C) qui ont un effet moindre sur le premier clone.

b) Processus d'éclosion. La comparaison de la figure 1A (Cr 79) avec les figures 1B et 1C (SR 80) indique clairement l'existence d'un processus d'éclosion propre à chacun des clones, représenté pour la seule température de 14 °C (Fig. 2a, b).

Après un temps de latence minimal de 1 semaine, la quasi totalité (90 % ou plus) des œufs du clone Cr 79 éclôt en un temps plus ou moins bref, fonction de la température; le taux d'éclosions varie linéairement en fonction du temps, la pente de la droite de régression dépendant de la température mais non de la lumière.

En revanche, le temps minimal de latence des œufs de durée du clone SR 80 est très court, de l'ordre de 1 jour. Cette brièveté explique le fait que les œufs de durée formés à 18 °C et placés à températures plus basses (5 et 11 °C), commencent à éclore avant d'être

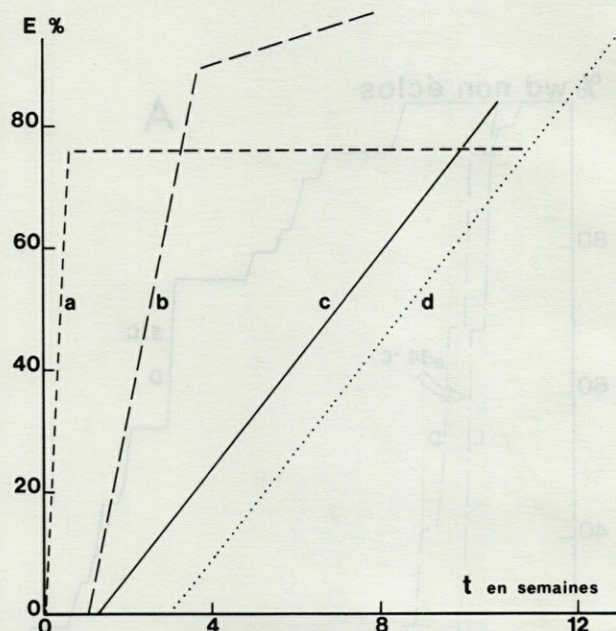


Fig. 2. — Processus d'éclosion des œufs de durée comparés chez deux clones de *B. calyciflorus*, Cr 79 (b) et SR 80 (a) et deux autres espèces, *B. rubens* (c) et *B. plicatilis* (d); conditions de ponte et d'éclosion : a, c, d = 18 °C + lumière, b = 14 °C + obscurité.

Hatching patterns of resting eggs in two clones of B. calyciflorus, SR 80 (a) and Cr 79 (b) and two other species, *B. rubens* (c) and *B. plicatilis* (d); forming, laying and hatching conditions : a, c, d = 18 °C + light, b = 14 °C + darkness.

bloqués par ces basses températures. D'autre part, les éclosions se succèdent rapidement durant une courte période (<1 semaine), quelle que soit la température, puis s'arrêtent; la variation du taux d'éclosion avec la température est donc caractérisée par une droite à forte pente au cours de la première semaine, suivie d'un plateau à pente faible ou nulle ensuite. Le taux maximal d'éclosion dépend de la température, au moins entre 5 et 15 °C, et probablement de la lumière, aux températures optimales. L'apparence saine des œufs non éclos laisse supposer qu'ils restent viables et susceptibles d'éclore après une diapause prolongée.

2. Différences dues aux conditions de formation des œufs de durée

Les 2 séries d'œufs dormants du clone SR 80 formés dans des conditions différentes de température, d'éclairage et d'alimentation ne présentent pas de différences fondamentales dans le processus d'éclosion. La seule différence plausible, mais qui reste à prouver, serait une variation de la température optimale d'éclosion en relation avec la température de formation des œufs de durée.

Or, Gilbert (1980) utilisant 2 sources nutritives (une euglène et une levure) pour un clone de cette même

espèce, observe dans des conditions identiques de température et de lumière (1 jour à 3 °C à l'obscurité puis 22 °C en éclairage constant), des processus et des taux d'éclosion différents selon l'aliment fourni.

Il est possible que les variations observées pour le couple euglène-levure soient nettement plus importantes que celles (faibles ou nulles) déterminées par le couple euglène-Chlorococcale, du fait de l'absence de certains constituants (vitamine E ?) dans les levures.

Quoi qu'il en soit, les variations interclonales que nous avons mises en évidence sont de plus grande ampleur que les variations intraclonales observées.

L'opposition notoire entre les températures de blocage des œufs de durée est à mettre en relation avec les préférences thermiques des 2 clones : tendance psychrophile pour le clone Cr 79 (évolution des œufs dormants stoppée par les hautes températures) et tendance thermophile pour le clone SR 80 (évolution stoppée par les basses températures). Cette relation entre température de blocage des œufs de durée et préférence thermique du clone confirme nos précédentes observations (Pourriot *et al.*, 1983).

Les différences observées dans les processus d'éclosions relèvent vraisemblablement d'une stratégie déterminée par les conditions du milieu. Le caractère essentiel qui différencie les 2 lacs nous semble être leur volume. La grande masse d'eau du lac de Créteil lui confère une inertie bien supérieure à celle du petit lac de Beauséjour.

Dans les conditions plus instables, voire plus imprévisibles, de celui-ci, le processus d'éclosion des œufs de durée (en dehors de la période hivernale) assure à la fois la réoccupation immédiate du milieu et la mise en ré-

serve d'une partie du stock, préservant ainsi l'avenir de cette population (correspondant au clone SR 80).

Cette stratégie apparaît nettement différente de celle observée pour d'autres espèces du même genre où existe un processus d'éclosions progressives échelonnées sur une longue période (Pourriot *et al.*, 1981, Blanchot et Pourriot, 1982 ; Fig. 2) absent de cette population.

Ces deux stratégies semblent concourir au même but : assurer la survie d'une population dans un milieu instable et imprévisible. La sélection de l'une ou de l'autre pourrait être liée à des conditions particulières que l'absence de précisions suffisantes sur tous les milieux d'où nos souches sont originaires, ne permet actuellement pas d'élucider.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANCHOT J., POURRIOT R., 1982. Influence de trois facteurs de l'environnement (lumière, température et salinité) sur l'éclosion des œufs de durée d'un clone de *Brachionus plicatilis* (OFM), Rotifère. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **295** : 243-246.
- GILBERT J., 1980. Some effects of diet on the biology of the rotifers *Asplanchna* and *Brachionus*. In *Nutrition in the lower Metazoa*, D.C. Smith et Y. Tiffon éd., Pergamon Pr., Oxford.
- POURRIOT R., ROUGIER C., BENEST D., 1981. Rôle de la lumière et de la température dans l'éclosion des œufs de durée de *Brachionus rubens* Ehr. (Rotifère). *Neth. J. Zool.*, **31** : 637-649.
- POURRIOT R., BENEST D., ROUGIER C., 1983. Effet de la température sur l'éclosion des œufs de durée provenant de populations naturelles de Brachionidae (Rotifère). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **108** : 59-66.

LES COPÉPODES PÉLAGIQUES AU SUD-EST DES ILES DU CAP VERT (Mission Guidôme du N.O. « J. Charcot » Sept.-Oct. 1976)

II. Aspects quantitatifs

V. CHAHSVAVAR-ARCHAD et C. RAZOULS

Laboratoire Arago,
66650 Banyuls-sur-Mer (France)

BIOMASSE
COPÉPODES PÉLAGIQUES
ILES DU CAP VERT

RÉSUMÉ. — Une étude quantitative des Copépodes a été effectuée au Sud Est des Iles du Cap Vert en liaison avec une structure hydrobiologique particulière dite en « dôme ». Des pêches verticales réalisées à l'aide d'un filet WP 2 ont permis une analyse dans l'espace et dans le temps de quatre couches d'eau jusqu'à une profondeur de 600 m. 1) La couche d'eau située à la partie inférieure de la thermocline jusqu'à 60 m présente les plus fortes valeurs de la biomasse du mésozooplancton et du nombre de Copépodes par rapport à l'ensemble de la colonne d'eau 0 - 600 m. 2) L'échantillonnage résultant de l'intégration des 200 premiers mètres est représentatif des aspects qualitatifs et quantitatifs de la région étudiée. 3) les variations quantitatives pour les différentes couches d'eau dues au cycle nyctéméral sont de faible amplitude. 4) Les coefficients de variation voisins de 25 % semblent traduire une faible dispersion des mesures et de ce fait une assez forte homogénéité de la région étudiée. Cet aspect est confirmé par l'étude de la structure du peuplement. 5) La structure hydrologique en « dôme » peu marquée lors de cette campagne est en accord avec la relative homogénéité spatiale horizontale et temporelle de l'échelon secondaire pélagique.

BIOMASS
PELAGIC COPEPODS
CAPE VERDE ISLANDS

ABSTRACT. — A quantitative analysis of Copepods has been done in relation to a particular hydrobiological structure, said "in dôme", off South-East of Cape Verde Islands. Vertical hauls with a WP 2-net, have let carry out an analysis of four vertical layers to 600 m deep, in space and in time. 1) The layer below the thermocline to 60 m encloses the highest values of mesozooplanktonic biomass and of Copepods numbers, in comparison with the whole water column from surface to 600 m. 2) The sampling by integration of the first 200 meters is representative of the quantitative and qualitative aspects of mesozooplankton in the studied area. 3) The quantitative variations owing to the nycthemeral cycles are small in the different water layers. 4) Variation coefficients near 25 per cent are held to point out a small dispersion of measures and there by a rather good homogeneity of the studied area. This is confirmed by the structure, "in dôme", little pronounced during that cruise is in good agreement with the homogeneity of the pelagic secondary trophic level, both in the space (horizontal distribution) and in the time.

INTRODUCTION

L'intérêt qui est porté au zooplancton des côtes ouest africaines relève de deux notions quelque peu différentes. L'une cherche à préciser la répartition biogéographique des espèces et si possible de divers aspects de leur écologie comme leur répartition bathymétrique ou leur caractère d'indicateur de masses d'eau. L'autre s'appuie sur l'analyse quantitative et la détermination des biomasses voire du calcul de la production pour préciser la richesse ou la pauvreté de certaines zones en relation avec les mécanismes hydrodynamiques propres à ces régions.

Lors d'un symposium sur les ressources vivantes du plateau continental africain Furnestin (1970) fournit une première synthèse bibliographique complétée ultérieurement par celle de Thiriot (1978). Aux travaux cités par les auteurs précédents, il convient d'ajouter ceux de Vives (1978), Le Borgne (1981), Hargreaves (1978), Boucher (1981, sous presse), C. et S. Razouls (1979), Houghton et Mensah (1978), Cushing (1971).

La mission Guidôme du N.O. « J. Charcot » (18 sept.-14 oct. 1976) avait pour but l'étude de la production primaire en relation avec une structure hydrologique particulière dite en « dôme » située au Sud-Est des Iles du Cap Vert. L'ensemble des mesures réalisées ainsi que les premiers résultats bruts de la campagne ont fait l'objet d'un rapport (Coste, 1977).

Dans une première partie (Chahsavar-Archad et Razouls, 1983) un inventaire systématique des Copépodes pélagiques a été dressé pour l'ensemble de la région prospectée.

Dans cette seconde partie une approche structurelle du peuplement est envisagée ainsi que les variations de la biomasse de la fraction mésozooplanctonique dans le temps et dans l'espace considérés.

MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT, CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS

Tous les prélèvements ont été réalisés à l'aide du filet standard WP 2 (0,200 mm de vide de maille et 0,25 m² de surface d'ouverture) en montage triple. Les traits de filets sont pratiqués verticalement de la profondeur désirée à la surface. Compte tenu des erreurs d'échantillonnage entraînées par la fermeture des filets (Winsor et Clarke 1940) il a été jugé préférable de procéder sans système d'étranglement.

La pêche est tamisée de manière à ne recueillir que les éléments du mésozooplancton. Chacun des 3 filets a une destinée différente :

- 1) Mise en collection dans du formol neutre à 4 %.
- 2) Broyage total, congélation en vue d'une analyse des protides et C-H-N ultérieure. Ces mesures ont été

réalisées dès la fin de la campagne au laboratoire de l'ORSTOM à Abidjan par R. Le Borgne.

3) Filtration sur soie, puis congélation en vue d'une pesée de la biomasse en poids sec par la méthode de Lovegrove (1966), détermination de la calorificité, dosage du carbone et de l'azote total.

Durant la première partie de la campagne, dite de prospection, l'accent a été mis sur la reconnaissance et l'analyse des structures hydrologiques, notamment le relèvement de la thermocline a été précisé au moyen de profils bathythermographiques.

29 stations de prélèvements (Fig. 1) situées sur deux radiales à travers la zone du « dôme » ont permis d'acquiescer outre des données générales sur les paramètres hydrobiologiques (Coste, 1977) une série de pêches verticales de 200 m à la surface (sauf les stations 1 et 2 de 100 m - 0).

Huit stations d'une durée de 24 heures chacune (stations 30, 31, 41, 42, 43, 45, 70, 71) centrées sur les mesures *in situ* de l'assimilation photosynthétique du carbone et de l'azote ont permis de réaliser une série de pêches verticales par paliers, notamment à la station 41 (25-0, 40-0, 200-0, 600-0).

Enfin les stations 46 à 69 constituent un point fixe de 5 jours. Ces stations ont une position proche de la zone de relèvement maximal de la thermocline. Des prélèvements toutes les 4 heures avaient pour but d'étudier la variabilité dans le temps des principaux paramètres. Ils ont été limités aux 200 premiers mètres avec un resserrement autour de l'isobathe 60 m.

Au total 202 prélèvements verticaux ont été réalisés.

RÉPARTITION SPATIALE QUANTITATIVE DANS LES DEUX CENTS PREMIERS MÈTRES

Il peut être admis, dans une première approximation, que l'intégration résultant des pêches verticales caractérise le potentiel trophique que représente la fraction dimensionnelle mésozooplanctonique. Si l'on se trouve au delà du plateau continental, la profondeur minimale à atteindre pour que les résultats soient suffisamment représentatifs et comparables avec ceux d'autres régions océaniques, dépend de multiples facteurs.

Pour des raisons plus pratiques que théoriques on fixe généralement cette profondeur à 100 ou 200 m en s'appuyant sur une loi de décroissance exponentielle du zooplancton en fonction de la profondeur (Vinogradov, 1970).

Plusieurs sources de variation sont toutefois à envisager, et si possible préciser, afin d'apprécier au mieux les résultats d'une série de prélèvements dont on a fixé la stratégie en fonction du problème posé.

Compte tenu de pêches réalisées indistinctement de jour et de nuit, un effet de migrations verticales nyctémérales est à envisager.

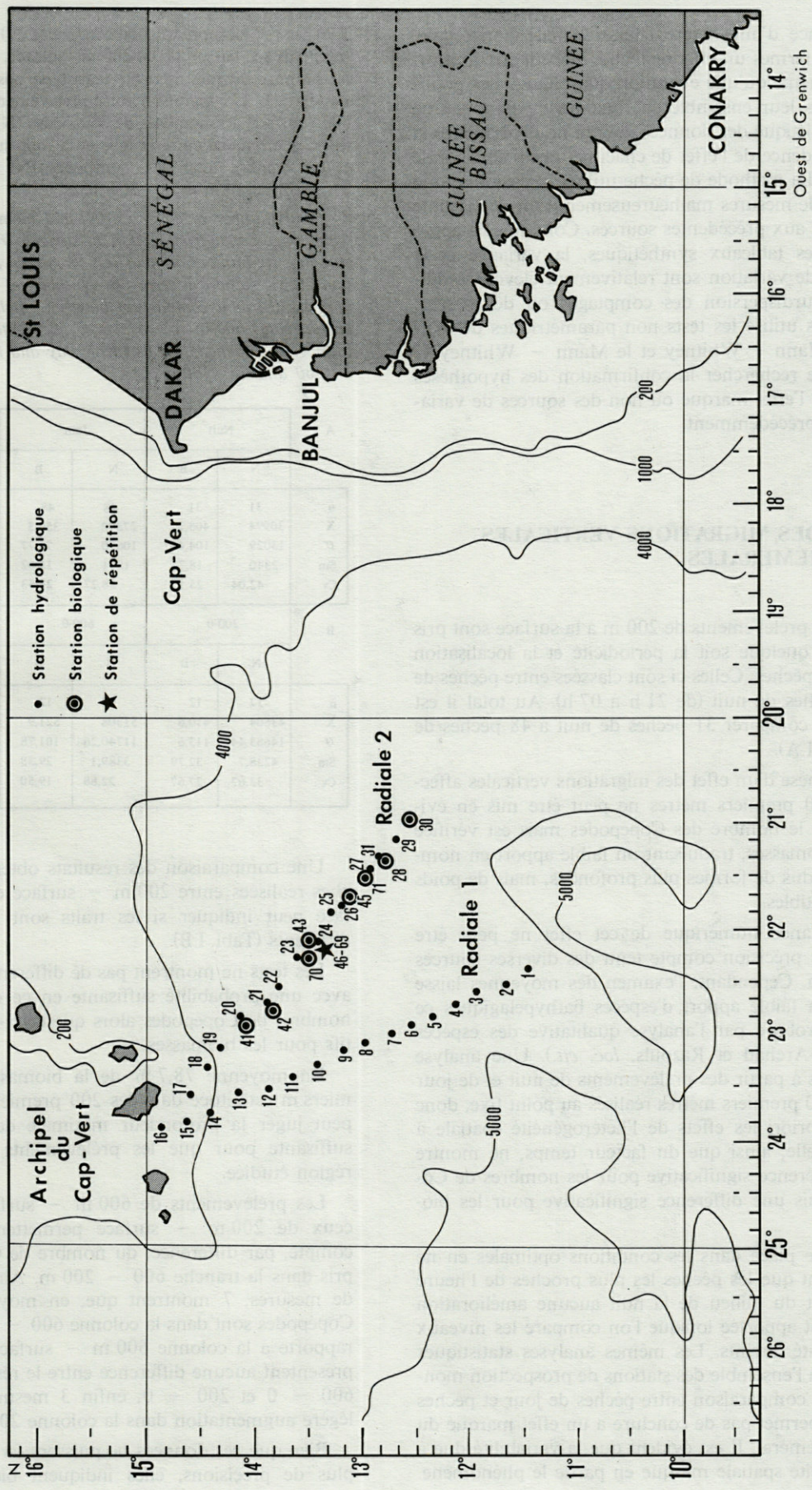


Fig. 1. - Carte de la région avec l'emplacement des stations.
 Map of the region with indication of stations.

L'existence d'une hétérogénéité spatiale horizontale, en d'autres termes un effet de tache, ne peut être a priori exclu, de même qu'une évolution quantitative des populations dans leur ensemble en fonction du temps. Une analyse statistique des données devrait nous permettre la mise en évidence de l'effet de chacune de ces sources de variations. La méthode de pêche utilisée occasionne une variabilité de mesures malheureusement non négligeable par rapport aux précédentes sources. Comme cela apparaît dans les tableaux synthétiques, la variance et le coefficient de variation sont relativement élevés, traduisant une surdispersion des comptages ou des pesées. Nous avons utilisé les tests non paramétriques de Wilcoxon - Mann - Whitney et le Mann - Whitney U test, afin de rechercher la confirmation des hypothèses fondées sur l'effet marqué ou non des sources de variation citées précédemment.

EFFETS DES MIGRATIONS VERTICALES NYCTHÉMÉRALES

Tous les prélèvements de 200 m à la surface sont pris en compte quelque soit la périodicité et la localisation précise des pêches. Celles-ci sont classées entre pêches de jour et pêches de nuit (de 21 h à 07 h). Au total il est possible de comparer 31 pêches de nuit à 48 pêches de jour (Tabl. I A).

L'hypothèse d'un effet des migrations verticales affectant les 200 premiers mètres ne peut être mis en évidence pour le nombre des Copépodes mais est vérifiée pour les biomasses, traduisant un faible apport en nombre d'individus de formes plus profondes, mais de poids plus perceptibles.

L'importance numérique de cet effet ne peut être évalué avec précision compte tenu des diverses sources de variation. Cependant, l'examen des moyennes laisse présager un faible apport d'espèces bathypélagiques ce qui est corroboré par l'analyse qualitative des espèces (Chahsavar-Archad et Razouls, *loc. cit.*). Une analyse des données à partir des prélèvements de nuit et de jour pour les 200 premiers mètres réalisés au point fixe, donc limitant a priori les effets de l'hétérogénéité spatiale à grande échelle, ainsi que du facteur temps, ne montre aucune différence significative pour les nombres de Copépodes mais une différence significative pour les biomasses.

Si l'on se place dans les conditions optimales en ne sélectionnant que les pêches les plus proches de l'heure du zénith et du milieu de la nuit aucune amélioration notable n'est apportée lorsque l'on compare les niveaux de probabilité atteints. Les mêmes analyses statistiques appliquées à l'ensemble des stations de prospection montrent que la comparaison entre pêches de jour et pêches de nuit ne permet pas de conclure à un effet marqué du cycle nycthéral. Il est évident que la variabilité due à l'hétérogénéité spatiale masque en partie le phénomène.

Tabl. I. - Nombre total de copépodes (N) et biomasse (B) en mg Poids sec par pêche de 200 m - surface, de jour et de nuit. n : nombre de mesures; S : écart-type observé; Sm : erreur standard. B, Comparaison entre prélèvements 200 - surface et 600 - surface des nombres de copépodes (N) et de la biomasse (B). C, Différence entre le jour et la nuit du pourcentage (%) et du nombre total des Copépodes (N) pour les couches 0 - 30 m, 30-60 m et 60 - 200 m.

A, Total number of copepods (N) and biomass (B) in mg dry weight per catch from 200 m to surface from day and night samples. n : number of measures; S : observed standard deviation; Sm : standard error. B, Number of copepods (N) and biomass (B) in a comparison between catches from 200 m to surface and 600 m to surface. C, Percentage (%) and total number of copepods (N) listed for day and night hauls 0 - 30, 30 - 60 and 60 - 200 m.

A	Nuit		Jour		Total	
	N	B	N	B	N	B
n	31	31	48	48	79	79
\bar{X}	30994	408,2	27392	356,5	28923	376,77
σ	13029	104,447	10670	76,77	11425,67	91,605
Sm	2340	18,76	1541	11,02	1285,5	10,31
Cv	42,04	25,59	38,27	21,53	39,50	24,31
B	200-0		600-0		Total	
	N	B	N	B	N	B
n	12	12	12	12	12	24
\bar{X}	43604	410,6	51308	521,9	47456	466,3
σ	14683,44	113,6	11740,26	101,78	13583,71	119,82
Sm	4238,7	32,79	3389,1	29,38	2772,8	24,46
Cv	33,67	27,67	22,88	19,50	28,62	25,70

Une comparaison des résultats obtenus entre les pêches réalisées entre 200 m - surface et 500 m - surface peut indiquer si les traits sont significativement différents (Tabl. I B).

Les tests ne montrent pas de différences significatives avec une probabilité suffisante en ce qui concerne les nombres de Copépodes alors que ceux-ci sont significatifs pour les biomasses.

En moyenne 78,7 % de la biomasse des 600 premiers m est située dans les 200 premiers mètres et l'on peut juger la profondeur minimale de 200 m comme suffisante pour que les prélèvements caractérisent la région étudiée.

Les prélèvements de 600 m - surface, comparés à ceux de 200 m - surface permettent de se rendre compte, par différence, du nombre de Copépodes compris dans la tranche 600 - 200 m. Ainsi sur 12 paires de mesures, 7 montrent que, en moyenne, 30 % des Copépodes sont dans la colonne 600 - 200 m; si on les rapporte à la colonne 600 m - surface, 2 mesures ne présentent aucune différence entre le résultat des pêches 600 - 0 et 200 - 0, enfin 3 mesures révèlent une légère augmentation dans la colonne 200 - 0 de 14 %.

Bien que ces données ne puissent être analysées avec plus de précisions, elles indiquent bien que l'apport

éventuel des formes situées en dessous de 200 m est peu abondant et présente des valeurs très légèrement supérieures à celles dues aux erreurs de méthode (10 à 20 %). Les stations dites de répétitions et de production permettent d'analyser le résultat des pêches pour les 3 profondeurs prospectées (Tabl. II A).

Le calcul du pourcentage pour chacune des tranches d'eau a été effectué uniquement à partir des comptages des pêches successives dans le temps aux 3 profondeurs. Par contre le calcul du nombre moyen pour chacune des 3 tranches a pu être effectué à partir de prélèvements non rigoureusement successifs. Ceci explique la différence du nombre des données, n.

Il est évident à l'examen des tableaux qu'il n'est pas possible de mettre en évidence des migrations nyctémérales notables entre les 3 couches 200 - 60, 60 - 30, 30 - 0 m, ou tout au moins l'importance quantitative du phénomène est masqué par les 2 sources de variations dues à la méthode de pêche et à l'hétérogénéité spatiale.

Si l'on considère un nombre moindre de mesures correspondant à des situations d'éclairement plus proches du milieu de la journée et de la nuit on constate très peu de changement dans les couches 200 - 60 m et 30 - surface, mais un accroissement significatif de nuit dans la couche 60 - 30 m.

Les résultats exprimés en biomasse (mg du poids sec) par pêche pour les 4 tranches d'eau sont fournis dans le Tableau II, B.

Comme on a pu l'observer précédemment, la couche qui correspond à la partie inférieure de la thermocline (30 - 60 m) apparaît la plus riche, de nuit comme de jour. Elle est également la plus affectée par l'effet des migrations nyctémérales qui n'apparaissent pas de grande amplitude. On constate un enrichissement de la couche sous-jacente, à 200 m, de jour. Les biomasses exprimées par m³ donnent une idée plus exacte des potentialités trophiques de la masse d'eau correspondant aux divers niveaux considérés.

Ce type d'expression est naturellement discutable puisque l'on ne peut fournir le mode de distribution des concentrations dans la colonne échantillonnée. Elles confirmeront cependant l'importance quantitative des couches superficielles et plus particulièrement la situation de la couche d'eau 60 - 30 m (Tabl. II, C).

Les résultats observés sont en désaccord avec ceux de Roe (1972) obtenus en décembre près des Canaries, qui montrent les plus fortes concentrations de Copépodes

A	Jour		Nuit	
	%	N	%	N
0 - 30 m				
n	28	28	16	18
\bar{X}	26,03	8200	22,19	7787
σ	6,726	3435,08	7,088	3467,43
Sm	1,27	649,16	1,77	817,29
Cv	25,8	41,89	31,9	44,53
30 - 60 m				
n	23	27	16	17
\bar{X}	41,68	12257	48,15	14342
σ	15,768	5226,98	17,560	5702,85
Sm	3,228	1005,9	4,39	1383,2
Cv	37,83	42,64	36,47	39,76
60 - 200 m				
n	26	28	16	16
\bar{X}	30,99	11231	30,74	12676
σ	16,619	9426,48	18,7065	13053,66
Sm	3,259	1781,4	4,677	3263,4
Cv	53,63	83,93	60,85	102,77
B				
0 - 30 m		Jour	Nuit	
n		33	15	
\bar{X}		100,1	114,5	
σ		38,62	38,27	
Cv		38,59	33,43	
30 - 60 m				
n		33	19	
\bar{X}		169,2	191,7	
σ		64,46	58,5	
Cv		38,11	30,39	
60 - 200 m				
n		29	18	
\bar{X}		113,0	129,9	
σ		60,44	87,37	
Cv		53,49	67,26	
200 - 600 m				
n		6	5	
\bar{X}		138,9	113,2	
σ		70,98	63,86	
Cv		51,10	56,41	
C				
Profondeur	Jour		Nuit	
0 - 30	17,8		15,2	
30 - 60	21,7		36,3	
60 - 200	3,1		2	
200 - 600	1		0,5	

Tabl. II. - A, différence jour-nuit de la biomasse (mg Poids sec par pêche) pour les quatre couches d'eau 0 - 30 m, 30 - 60 m, 60 - 200 m, 200 - 600 m. B, Biomasse moyenne en mg Poids sec par m³ dans les quatre couches d'eau 0 - 30 m, 30 - 60 m, 60 - 200 m, 200 - 600 m.

A, Difference in day and night biomass (mg dry weight per haul) for the layers 0 - 30, 30 - 60, 60 - 200, 200 - 600. B, Mean biomass (mg dry weight by m³) in the layers 0 - 30, 30 - 60, 60 - 200, 200 - 600 m.

vers 500 m de jour comme de nuit. Mais les différences de méthodes utilisées et plus encore, le maillage des filets (0,200 mm contre 0,330 à 0,500 mm), expliquent aisément cette contradiction apparente.

Dans le cas du travail de Roe, seuls les calanoides sont pris en considération et le maillage utilisé valorise les espèces bathypélagiques, plutôt que les épipélagiques compte tenu de leurs tailles. Cet effet est d'autant plus fort que l'on se situe dans des eaux superficielles plus chaudes.

EFFETS DUS AUX VARIATIONS À COURT TERME AU MÊME POINT

Une série de stations (46 à 70) ont été répétées au point fixe durant 5 jours (6 au 10 Oct.), correspondant à un cercle d'environ un mille de diamètre, avec une série de pêches toutes les 4 h : 200 - 0, 60 - 0 m, 30 - 0 m.

Le nombre de Copépodes moyen recueillis par 24 H (correspondant à 3 pêches de nuit et 3 pêches de jour) pour les 3 colonnes d'eau est exprimé dans le Tableau III A.

Certaines valeurs sont significativement différentes dans les colonnes 200 - 0 et 60 - 0 m, mais il est difficile d'attribuer les différences observées à une évolution dans le temps plutôt qu'à une hétérogénéité spatiale. L'accroissement continu entre le 1^{er} et le 5^e jour est plutôt en faveur d'un phénomène de recrutement. Cependant l'étude ultérieure de la biomasse pour les mêmes prélèvements ainsi que de la structure du peuplement n'est pas convaincante.

Le Tableau III, B exprime l'évolution des biomasses dans les mêmes conditions que pour les nombres de Copépodes.

EFFETS DUS AUX VARIATIONS À PLUS LONG TERME AU MÊME POINT

Il est possible de comparer les stations 23, 24, 25 du 24 sept. aux stations 46 et 70 des 6 au 10 oct. Pour un intervalle de temps de 15 jours, on obtient les valeurs suivantes pour les 200 premiers mètres au même point (Tabl. IV).

La différence entre les moyennes n'est pas significative traduisant le fait que, à cette échelle de temps, il n'y a aucune variation quantitative des populations, en d'autres termes, les taux de « disparitions » et de recrutements s'équilibrent ou sont masqués par les diverses sources de variation qui affectent l'échantillonnage.

La comparaison des valeurs obtenues pour d'autres stations voisines géographiquement et séparées d'une quinzaine de jours ne montrent pas de différences appréciables. La périodicité de 25 jours correspond à une demi-génération compte tenu de la température moyenne des eaux superficielles (100 - 0 m).

Tabl. III. - A, Variation du nombre total de copépodes dans les diverses couches d'eau en fonction du temps. B, variations de la biomasse en fonction du temps.

A, Variation of the total number of copepods in every layer as a function of time. B, Biomass Variations as a function of time.

t = jour	t ₀	t + 1	t + 2	t + 3	t + 4
200 - 0					
n =	6	6	6	6	4
\bar{X} =	21860	20740	22960	25913	40770
σ =	2223,29	4119,81	3511,99	8051,65	11678,14
Sm =	907,66	1681,91	1433,77	3287,09	5839,07
Cv =	10,17	19,86	15,30	31,07	28,64
60 - 0 m					
n =	6	6	6	6	4
\bar{X} =	14993	17766	19486	21013	27700
σ =	2722,99	2328,18	3097,27	5226,50	7186,77
Sm =	1111,66	950,47	1264,49	2133,72	2933,99
Cv =	18,16	13,10	15,89	24,87	25,95
30 - 0 m					
n =	6	6	6	6	-
\bar{X} =	5817	5679	5887	6961	-
σ =	744,71	1520,04	545,49	591,39	-
Sm =	304,03	620,56	222,70	241,43	-
Cv =	12,80	26,76	9,27	8,50	-
200 - 0 m					
n =	6	6	6	6	-
\bar{X} =	438,83	323,83	389,0	380,33	-
σ =	64,3845	75,9353	69,4867	83,1665	-
Sm =	26,28	31,00	28,37	33,75	-
Cv =	14,67	23,44	17,86	21,86	-
60 - 0 m					
n =	6	6	6	6	4
\bar{X} =	269,5	249	293	279,17	326,25
σ =	58,3018	58,0517	36,9919	63,8762	62,5853
Sm =	23,802	23,699	15,102	26,102	31,29
Cv =	21,63	23,31	12,63	22,88	19,18
30 - 0 m					
n =	6	6	6	6	4
\bar{X} =	105,17	75,33	124,17	103,5	78,75
σ =	24,1281	31,6460	43,4852	21,6032	37,3397
Sm =	9,850	12,92	17,75	8,82	18,67
Cv =	22,94	42,01	35,02	20,87	47,42

RÉPARTITION SPATIALE QUANTITATIVE

Après avoir tenté de mettre en évidence les effets de diverses sources de variation : migrations nyctémérales, évolution possible dans le temps du mésoplancton, il reste à apprécier l'importance de l'hétérogénéité spatiale.

On peut l'appréhender de deux manières : soit à petite échelle, à moins de 1 mille près, entre chaque station

Tabl. IV. — Variation du nombre de copépodes à 15 jours d'intervalle au même point (200 - surface).

Variation in the number of copepods after fifteen days at the same point (200 m to surface).

	t = 0	t + 15
n	3	5
\bar{X}	25666	26448
σ	2982	8234
Sm	1721	3682
Cv	11,61	31,13

séparées les unes des autres par 4 H environ (durée pendant laquelle les courants superficiels ne sont pas négligeables et estimés de 0,5 jusqu'à parfois 1 nœud, portant généralement vers le S.-SW (ce qui correspondrait approximativement à une distance réelle parcourue par la masse d'eau de l'ordre de 2 à 4 milles), soit en comparant les pêches résultant des stations de prospection.

HÉTÉROGÉNÉITÉ POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION

Les 27 stations prospectées (3 à 29) se sont échelonnées sur 6 jours (du 20-9 au 25-9) avec une différence de 3°25 en latitude et de 3° en longitude entre les points les plus éloignés.

Afin d'éliminer un éventuel effet jour-nuit sur les pêches des 200 premiers mètres, nous effectuons un groupement des mesures en deux séries (Tableau V, A).

Si nous comparons chaque mesure à la moyenne et calculons les déviations moyennes (D) on obtient pour chacune des séries les valeurs du Tabl. V, B.

Les résultats, compte tenu des sources de variation, montrent une homogénéité relative des Copépodes en projection par m² de surface bien que la variance supérieure à la moyenne traduise une distribution contagieuse des mesures.

Une comparaison entre les stations réparties sur les deux radiales Est et Ouest ne permet pas de conclure à une quelconque différence entre elles, par contre un groupement des stations selon leur localisation Nord et Sud (par rapport à la latitude de 13° 15' N) montre une différence significative entre les nombres de Copépodes mais non en ce qui concerne les biomasses. Un effet de terre dû à la proximité de l'archipel des Iles du Cap Vert paraît devoir être la cause de la différence observée, mais celle-ci est faible (Tabl. VI, A).

Tabl. V. — A, résultats portant sur le nombre de copépodes (N) et la biomasse (B) des séries de pêches 200 m - surface de jour et de nuit pour l'ensemble de la région prospectée. B, Pourcentage de cas dont les déviations moyennes (D) sont inférieures à 25 et 15 % pour le nombre de copépodes (N) et la biomasse (B).

A, number of copepods (N) and biomass (B) in day and night hauls from 200 m to surface. B, percentage of cases in which the mean deviation (D) is less than 25 and 15 %, respectively, for copepod numbers (N) and biomass (B).

	Nuit		Jour		Toutes stations	
	N	B	N	B	N	B
n	11	12	15	15	27	27
\bar{X}	27434	386,3	24263	333,53	25100	357
σ	7220,44	96,90	4503,38	80,02	6346,73	88,52
Sm	2177	27,97	1163	20,66	1245	17,04
Cv	26,31	25,08	18,56	23,99	25,29	24,80

% des mesures avec D	< 25 %		< 15 %	
	N	B	N	B
Nuit	63	50	50	42
Jour	80	67	66	40
Nuit + Jour	65	59	58	41

HÉTÉROGÉNÉITÉ AU POINT FIXE

Elle peut être envisagée en suivant l'évolution du nombre de Copépodes et de la biomasse du mésozooplancton des stations 46 à 70.

Les valeurs obtenues pour les 3 profondeurs prospectées montrent des coefficients de variation compris entre 16 et 33 % pour les nombres de Copépodes et 20 à 35 % pour les biomasses (Tabl. VI, B).

Le calcul des déviations moyennes (Tabl. VI, C) fournit une indication sur la dispersion des mesures, donc de l'hétérogénéité.

L'examen du tableau montre que la plupart des déviations sont inférieures à 25 %, voire à 15 % ce qui traduit une variabilité inhérente à la méthode utilisée (Razouls et Thiriou, 1968) plutôt que le résultat d'une répartition spatiale hétérogène.

Si l'on compare les résultats obtenus pour les stations de prospection à ceux du point fixe, aucune différence significative n'apparaît entre les deux séries portant soit sur les nombres de copépodes soit sur les biomasses. En d'autres termes l'hétérogénéité spatiale n'augmente pas lorsque s'accroît soit le nombre des stations soit la distance entre elles, tout au moins à l'échelle géographique considérée.

La plus grande part de la variation paraît être rapidement obtenue par les séries de pêches à court terme (2 à 3 jours) et à petite échelle (inférieure au mille).

Tabl. VI. — A, Nombre de copépodes comparé entre les groupes de stations nord et sud dans la région prospectée (pêches 200 m = surface) B, Nombre de copépodes et biomasse au point fixe toutes stations confondues pour les trois couches d'eau 30 - 0, 60 - 0, 200 - 0 m. C, Pourcentage de cas dont les déviations moyennes sont inférieures à 25 et 15 % pour le nombre de copépodes (N) et la biomasse (B).

A, Numbers of copepods in a comparison between groups of northern and southern station. (catches from 200 m to surface). B, Number of copepods and biomass combined for the same point of all stations in layers 30 - 0, 60 - 0, 200 - 0 m. C, Percentage of cases in which the standard deviation are less than 25 and 15 p. cent, respectively, for the number of copepods (N) and biomass (B).

	Stations Nord	Stations Sud	Stations N et S
n	15	10	25
\bar{X}	27220	22989	25528
σ	6166,58	6084,77	6367,24
Sm	1592	1924	1273
Cv	22,66	26,47	24,94

	0 - 30 m		0 - 60 m		0 - 200 m	
	N	B	N	B	N	B
n	24	26	27	27	27	26
\bar{X}	6086	106,56	19290	277,96	24836	380,5
σ	1017,69	38,0968	5279,4008	57,0536	8387,1209	79,3323
Sm	207,7	7,47	1016	10,98	1614,1	15,56
Cv	16,72	35,75	27,37	20,53	33,77	20,84

% des mesures avec D		< 25 %		< 15 %	
		N	B	N	B
0 - 30 m	Nuit	100	75	100	50
	Jour	67	71	50	43
	Nuit et jour	83	62	75	50
0 - 60 m	Nuit	77	85	46	69
	Jour	79	71	64	43
	Nuit et jour	70	89	48	41
0 - 200 m	Nuit	69	77	54	54
	Jour	79	92	57	62
	Nuit et jour	78	73	52	73

RÉPARTITION QUANTITATIVE EN FONCTION DES COUCHES D'EAU

L'intégration d'une colonne d'eau permet de caractériser rapidement avec une précision acceptable les potentialités trophiques d'une région et éventuellement de les relier à certains paramètres hydrobiologiques. L'analyse plus précise de la répartition verticale pourra seule rendre compte des mécanismes écophysologiques.

La succession à la même station des traits verticaux de profondeurs croissantes peut fournir des informations sur la répartition verticale dans la mesure où l'hétérogénéité spatiale par m² de surface demeure du même ordre de grandeur que l'erreur d'échantillonnage.

Nous avons pu constater qu'il devait en être ainsi dans l'immense majorité des cas au cours de cette campagne.

La couche d'eau correspondant à la partie inférieure de la thermocline est la plus riche avec près de 45 % des copépodes de l'ensemble de la colonne contre 25 % dans la couche de surface et 31 % en dessous de 60 m.

L'étude des biomasses confirme les résultats obtenus pour les nombres de copépodes avec respectivement : 25 %, 44 % et 31 % pour chacune des couches, rapportées à la colonne 200 - 0 m.

STRUCTURE DU PEUPEMENT

L'analyse des pêches a révélé la grande diversité des espèces. Ces dernières peuvent être classées en six groupes dont trois correspondent aux familles : Oithonidae, Corycaeidae et Oncaeidae, un au Sous-Ordre des Harpacticoida, les derniers au Sous-Ordre des Calanoidea qui sera arbitrairement subdivisé en formes adultes et juvéniles.

A) Ensemble de la région

Les résultats obtenus pour l'ensemble des stations de prospection (0 - 200) sont exprimés en pourcentage. Les Harpacticoides, toujours présents mais inférieurs à 5 %, ne sont pas pris en compte (Fig. 2), de même que les Sapphirinidae encore moins représentés (10,5 à 1 %). Plusieurs observations ressortent à l'évidence des données obtenues :

1) La dominance des Calanoïdes avec près de 55 % du nombre total des Copépodes, parmi lesquels les stades juvéniles représentent à eux seuls près de 35 %.

2) L'importance des Cyclopoïdes qui sont par ordre numérique : les Oncaeidae (près de 25 %), les Oithonidae (voisin de 10 %) et les Corycaeidae (5 %).

3) Compte tenu des erreurs de sous-échantillonnage on observe une homogénéité du peuplement pour toute la zone prospectée.

B) Modification de la structure du peuplement au point fixe

Le résultat des comptages provenant des pêches des stations 46 à 70 pour les 200 premiers m est figuré dans la figure 3.

Les résultats intègrent les sources de variations : le sous-échantillonnage, la micro-hétérogénéité spatiale due à la dérive du bateau et des courants superficiels, le temps (5 jours).

Les pourcentages obtenus ne diffèrent pas de ceux correspondant à l'ensemble des stations de prospection et l'amplitude des fluctuations est identique dans les deux cas. L'étude des prélèvements entre 600 m et la

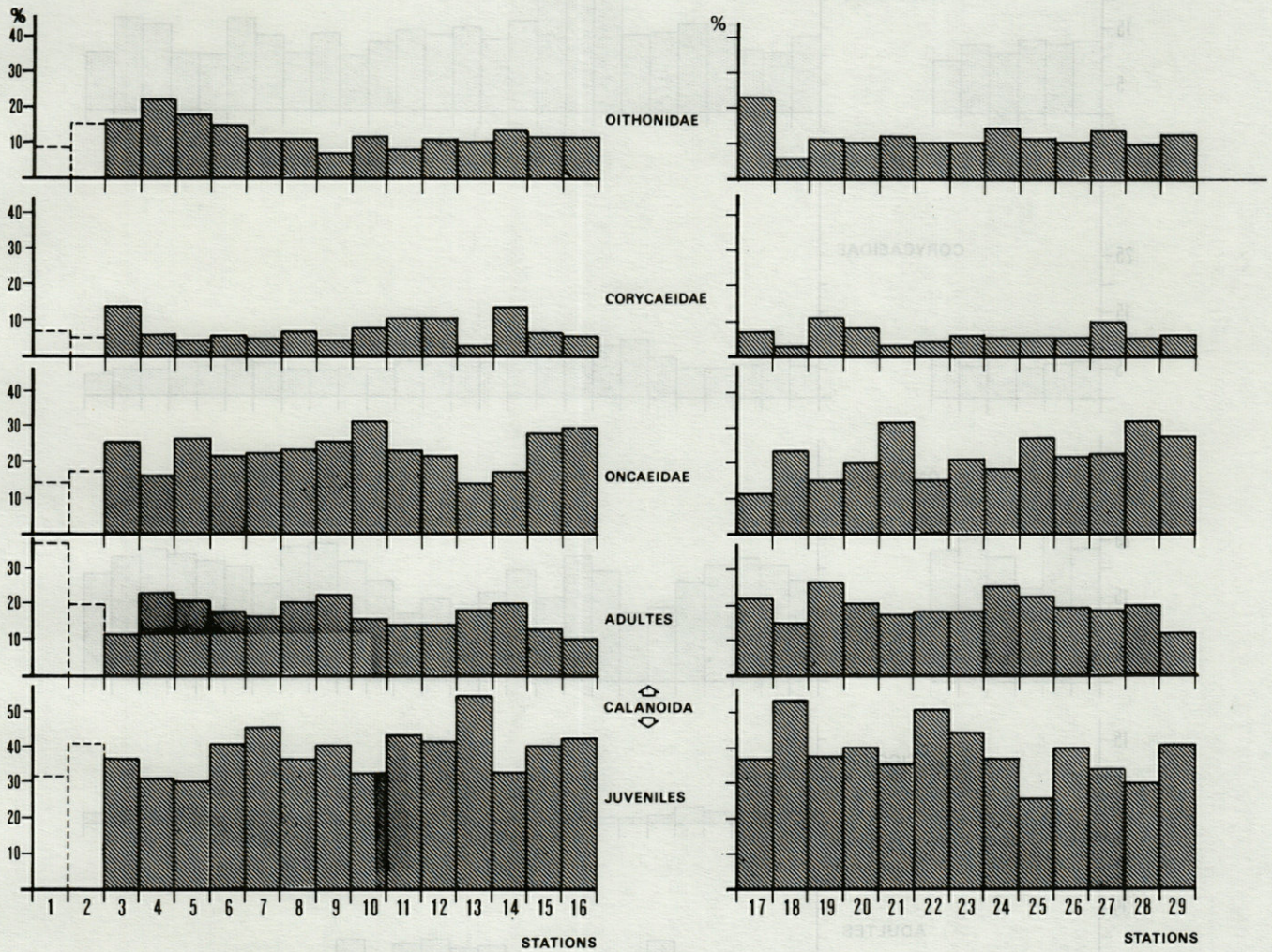


Fig. 2. - Pourcentage des principaux groupes dans la colonne 0 - 200 m aux stations de prospection.
 Percentage of main groups of copepods in the 0 - 200 m layer at prospected stations.

surface pour les mêmes stations ne fait apparaître aucune différence, de même que la comparaison avec d'autres points de la zone étudiée.

CONCLUSION

L'étude quantitative des Copépodes au cours de la campagne « Guidôme » située au Sud Est des Iles du Cap Vert a permis de mettre en évidence les faits suivants :

1) Les prélèvements réalisés à plusieurs profondeurs ont révélé l'importance de la couche d'eau située à la base de la thermocline jusqu'à 60 m. Celle-ci présente de nuit comme de jour les plus fortes valeurs de la biomasse du mésozooplancton, comme du nombre des Copépodes.

2) L'échantillonnage qualitatif et quantitatif qui résulte de l'intégration des 200 premiers mètres peut être considéré comme représentatif de l'échelon secondaire de la région étudiée.

3) Les variations quantitatives dues au cycle nyctéméral sont de faible amplitude et partiellement masquées par les autres sources de variation. Ces variations sont les plus marquées au niveau de la couche d'eau entre 30 et 60 m et ne permettent pas de mettre en évidence une hétérogénéité spatiale significative.

4) Les coefficients de variation sont jugés satisfaisants même si les variances sont élevées. Pour les 200 premiers mètres le nombre de copépodes par m² est de 100.400 (Cv = 25,3 %), la biomasse de 1 428 mg. P.S. (Cv = 24,8 %), les quantités de carbone et d'azote respectivement de 615,6 (Cv = 27,7 %) et 150,08 (Cv = 30,37 %) en mg du Poids sec soit un rapport C/N de 4,16 (Cv = 7,7 % ; la calorificité est de 5 cal. mg⁻¹ P sec (Cv = 11,6 %), le pourcentage de cendres est de 7,46 (Cv = 46,5 %).

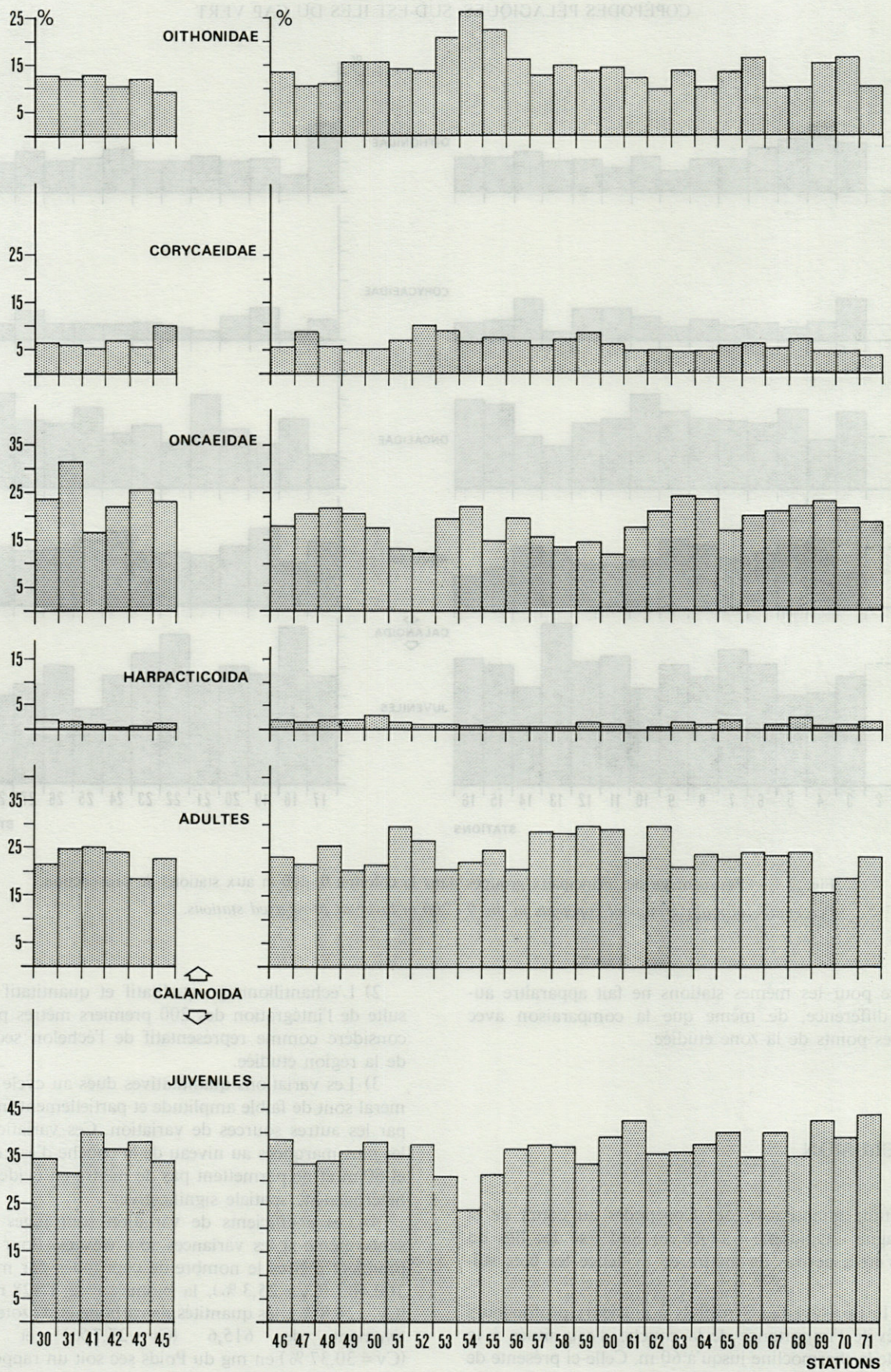


Fig. 3. - Évolution en fonction du temps du pourcentage des principaux groupes dans la colonne 0 - 200 m au point fixe.
 Percentage variations as a function of time in the main groups copepods within layer 0 - 200 m at the same point.

Tabl. VII. - A, Nombre de copépodes (N) dans les trois couches d'eau (0 - 30, 30 - 60, 60 - 200) et pourcentage rapporté à l'ensemble de la colonne 200 m - surface, toutes stations confondues. B, Biomasses en mg Poids sec par pêche pour les quatre couches d'eau (0 - 30, 30 - 60, 60 - 200, 200 - 600 m).

A, Number of copepods (N) in the three layers (0 - 30, 30 - 60, 60 - 200) and percentage for the column 200 m to surface for all stations. B, Biomasses (mg dry weight per haul) for the four layers (0 - 30, 30 - 60, 60 - 200, 200 - 600 m).

Profondeur en m		N	%
0 - 30	n	46	43
	\bar{X}	8040	24,71
	σ	3415,189	7,097
	Sm	503,5	1,082
	Cv	42,48	28,72
30 - 60	n	49	43
	\bar{X}	13622	44,97
	σ	5901,997	16,069
	Sm	843,1	2,451
	Cv	43,33	35,73
60 - 200	n	37	35
	\bar{X}	9973	30,77
	σ	7176,333	13,588
	Sm	1179,79	2,297
	Cv	71,95	44,16

Profondeur en m	0 - 30	30 - 60	60 - 200	200 - 600
n	38	52	47	10
\bar{X}	100,8	175,6	122,7	127,85
σ	40,02	61,96	70,24	54,84
Cv	39,72	35,28	57,26	42,89

5) Les principales sources de variation qui affectent les prélèvements sont de même ordre de grandeur et il est particulièrement difficile de mesurer les effets propres à chacune d'elles. Inversement aucune de ces sources ne ressort nettement du « bruit de fond ». La précision de la méthode utilisée ne permet pas de mettre en évidence une hétérogénéité spatiale significative. Si cette précision est jugée satisfaisante on conclut à une répartition rapportée au m² de surface de la mer tendant plutôt vers l'homogénéité que vers l'agrégation.

6) La structure du peuplement révèle une très forte homogénéité pour l'ensemble de la région prospectée avec un pourcentage élevé de cyclopoïdes voisin de 50 % de l'ensemble des copépodes.

7) La structure hydrologique en « dôme » peu marquée lors de cette campagne est en accord avec la relative homogénéité spatiale horizontale de l'échelon secondaire pélagique.

Seul un effet résultant de la présence des Iles du Cap Vert au nord de la région prospectée paraît avoir une

légère influence quantitative sur les stations qui leur sont les plus proches.

RÉFÉRENCES

- BOUCHER, J., 1981. Peuplement de Copépodes des upwellings côtiers nord-ouest africain. I. Composition spécifique et distribution spatiale. *Oceanol. Acta* (sous presse).
- BOUCHER, J., 1981. Peuplement de Copépodes des upwellings côtiers nord-ouest africain. II. Structure des principales espèces. *Oceanol. Acta* (sous presse).
- CHAHAVAR-ARCHAD, V. et C. RAZOULS 1982. les Copépodes pélagiques au Sud-Est des Iles du Cap Vert (mission « Guidôme » du N.O. « J. Charcot », sept.-oct. 1976). I : Aspects qualitatifs. *Vie Milieu*, **32** (1) : 25-45.
- COSTE, B., 1977. Campagne Guidôme 1976. Publ. CNEXO. Résultats des campagnes à la mer, 13 (1 et 2), 104 p. et 98 p.
- CUSHING, D.H., 1971. Upwelling and the production of fish. *Advan. Marine Biol.*, **9** : 255-334.
- FURNESTIN, M.L., 1970. Rapport sur le plancton. *Rapp. P. v. réün. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, **159** : 98-115.
- HARGREAVES, P.M., 1978. Relative abundance of zooplankton groups in the northwest african upwelling region during 1968 and 1972. In : Upwelling Ecosystems, edit. R. Boje & M. Tomczak, p. 62-72.
- HOUGHTON, R.W. & M.A. MENSAH, 1978. Physical aspects and biological consequences of Ghanaian coastal upwelling. In : Upwelling Ecosystems, edit. R. Boje & M. Tomczak, p. 167-180.
- LE BORGNE, R., 1981. Relationship between the hydrological structure, chlorophyll and zooplankton biomasses in the gulf of Guinea. *J. Plankton Res.* (sous presse).
- LOVEGROVE, T., 1966. The determination of the dry weight of Plankton and the effect of various factors on the values obtained. In H. Barnes : some contemporary studies, in *marine science* : 429-467.
- RAZOULS, C. et S. RAZOULS, 1979. Valeur énergétique de l'échelon secondaire pélagique dans différentes aires marines. *Vie milieu*, **28-29** (1-AB) : 31-50.
- RAZOULS, C. et A. THIRIOT, 1968. Mise en évidence des variations d'échantillonnage des prélèvements verticaux (filet hensen). *Vie Milieu*, **19** (1-B) : 197-223.
- ROE, H.S.J. 1972a. The vertical distribution and diurnal migrations of Calanoid Copepods collected on the SONDA cruise, 1965. I. The total population and general discussion. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **52** : 277-314.
- THIRIOT, A. 1978. Zooplankton communities in the west african upwelling area ; In Upwelling Ecosystems, edit. R. Boje & M. Tomczak, p. 32-61.
- VINOGRADOV, M.E. (1968)-1970. Vertical distribution of the oceanic zooplankton. Israel Program. Sc. Transl. Jerusalem, 339 p.
- VIVES, F. 1978. Sur les copépodes de la région CINECA (parties nord et centrale). Cmm. Sympos. Courant des Canaries : Upwelling et ressources vivantes, n° 49 : 2-27.

SUR LA PRÉSENCE D'*EUPTEROTEGAEUS ORNATISSIMUS* (BERLESE, 1908) (ACARIEN ORIBATE) EN CATALOGNE ET SA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

Joseph TRAVÉ

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer, France

ACARIENS
ORIBATES
BIOLOGIE
ÉCOLOGIE

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

MITES
ORIBATIDS
BIOLOGY
ECOLOGY
DISTRIBUTION

RÉSUMÉ. - *Eupterotegaeus ornatissimus* (Berlese, 1908) a été récolté dans les Ports de Tortosa et Beceite en Catalogne (Espagne). La répartition géographique de cette espèce est discutée car cette nouvelle station est bien isolée dans la partie occidentale du bassin méditerranéen.

ABSTRACT. - *Eupterotegaeus ornatissimus* (Berlese, 1908) was collected in the Ports de Tortosa and Beceite in Catalonia (Spain). Its distribution is discussed because this new station is very isolated in the occidental part of the mediterranean basin.

Dans des récoltes effectuées dans les « Ports » de Tortosa et Beceite en Espagne (Province de Tarragone) au mois d'avril 1981, j'ai eu la surprise de trouver *Eupterotegaeus ornatissimus* (Berlese, 1908), un Oribate peu cité, localisé et connu jusqu'à présent de régions nettement plus orientales. Sa présence en Catalogne est intéressante sur le plan biogéographique et mérite une mise au point.

Eupterotegaeus ornatissimus (Berlese, 1908)

C'est un beau Cepheidae bien caractéristique et facilement reconnaissable (Kunst, 1958, p. 21, fig. 4 et 5). C'est le type du genre *Eupterotegaeus* Berlese, 1917 qui comprend actuellement 7 autres espèces :

- E. flavus* Ewing, 1918. U.S.A.
- E. rostratus* Higgins et Woolley, 1963. U.S.A.
- E. spinatus* Higgins et Woolley, 1963. U.S.A.
- E. ramphosus* Higgins et Wooley, 1968. U.S.A.
- E. armatus* Aoki, 1969. Japon
- E. nasalis* Sitnikova, 1979. Amérique du sud (Equateur ?)

E. dentatus Sitnikova, 1979. Amérique du Sud (Bolivie ?)

J'ai également signalé la présence de ce genre dans l'Himalaya népalais (1977, p. 127). Il s'agit d'une espèce nouvelle, non encore décrite.

Le genre *Diodontocephus* décrit par Mihelcic (1958, p. 147) a été mis fort justement en synonymie d'*Eupterotegaeus* par Kunst (1961, p. 166). Son espèce *E. steinböcki* des Alpes autrichiennes, se caractérise par sa grande taille (1 030 µm) bien supérieure à celle des autres espèces qui va de 540 à 785 µm (Aoki, 1969). A ma connaissance cette espèce n'a jamais été retrouvée.

Eupterotegaeus est donc un genre cosmopolite, bien distinct des autres Cepheidae, comprenant un petit nombre d'espèces généralement très localisées et rarement citées.

J'ai récolté *E. ornatissimus* dans le massif montagneux calcaire des « Ports » de Tortosa et de Beceite situé à la limite des provinces de Catalogne, Valence et Aragon, à l'Ouest de Tortosa et au Sud de l'Ebre. Ce massif s'élève brusquement jusqu'à près de 1 500 m

d'altitude à 20 km à peine du delta de l'Ebre et de la Méditerranée. La végétation arbustive est formée essentiellement de pinèdes (*Pinus nigra*, *P. sylvestris*), mais aussi de Chênes, *Quercus ilex* dans les parties sèches et de quelques boisements réduits et relictuels de Hêtres, *Fagus sylvatica*. Cette station marque la limite méridionale de la hêtraie dans la péninsule ibérique (Folch i Guillem, 1981, p. 328).

De nombreux adultes et immatures ont été recueillis dans des prélèvements provenant d'un boisement de Pins sylvestres avec un sous-bois de Buis, *Buxus sempervirens*, à 1 200 m d'altitude, dans la partie occidentale du massif, non loin du village de Fredes. Dans cette station, l'espèce était présente dans 7 des 9 prélèvements effectués; particulièrement abondante dans la litière et l'humus des vieilles souches moussues, elle n'était absente que dans des Mousses et des Lichens saxicoles. Elle manquait aussi dans deux autres stations choisies dans le massif, l'une dans le Chêne vert vers 740 m d'altitude, l'autre dans la hêtraie proprement dite vers 1 000 m.

Les individus récoltés sont tout à fait conformes à ceux que j'ai recueillis à Vallombrosa (Toscane, Italie), la station type de Berlese. Leurs caractères morphologiques correspondent bien à la description et aux figures de Kunst (1958, p. 21, fig. 4 et 5). Les régions ventrale, épimérique et latérale du podosoma mériteraient une description plus détaillée car elles sont riches en tecta et épaisissements chitineux. Mes exemplaires italiens et espagnols ont 9 paires de poils au notogaster et non 8 comme l'indique Kunst. Le poil supplémentaire est situé entre la 3^e et 4^e paire en partant de l'avant; il est plus près de la 4^e paire que de la 3^e. Il convient donc de corriger, dans la clé de détermination des espèces présentée par Aoki (1969, p. 131), le nombre de poils gastrototiques d'*E. ornatissimus*.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

La répartition géographique des Oribates est bien souvent difficile à estimer. L'absence de données dans de vastes zones inexplorées (même en Europe) et la difficulté de déterminations exactes pour de nombreux genres rendent incertaines les interprétations biogéographiques. Heureusement, *E. ornatissimus* est une espèce bien caractérisée qui ne présente aucune difficulté de détermination et dont la répartition peut être connue avec une bonne précision, d'une part grâce aux citations (d'ailleurs peu nombreuses) et d'autre part en tenant compte des zones relativement bien explorées où elle n'a pas été récoltée. Sa biologie et son écologie peuvent également aider à mieux comprendre sa répartition géographique.

1. Les citations

Pendant 50 ans, cette espèce n'a été connue que d'Italie continentale (Vallombrosa et Verna en Toscane,

Tiarno). Kunst la signale en Bulgarie (1958 et 1961). Elle est ensuite citée d'U.R.S.S. par Bulanova-Zachvatkina (1967, p. 187) : Caucase, Rivages de la mer Noire, Chaîne du Talysch (près de la mer Caspienne). A ces citations, reprises dans la faune d'U.R.S.S. (1975, p. 153), s'ajoute l'île de Sakhaline au Nord de l'archipel japonais. Dans ces deux faunes, l'espèce est signalée d'Amérique du Nord, mais je n'ai trouvé aucune référence directe de sa présence sur le continent américain.

Elle a été ensuite trouvée en abondance en Sicile où sa distribution et ses fluctuations saisonnières ont été étudiées (Alicata *et al.*, 1973, p. 546). Enfin, Mahunka (1977) l'a récoltée en Grèce.

A cela, il faut ajouter mes récoltes personnelles non publiées ainsi que celles de F. Grandjean et de F. Bernini. Elles ne changent rien aux indications précédentes; F. Grandjean n'a obtenu cette espèce que dans ses localités types de Vallombrosa et de la Verna en Toscane; Bernini l'a recueillie dans les Appenins, en Toscane, dans la région de Naples, de Salerne, en Calabre et en Sicile. Mes prélèvements sont relatifs à Vallombrosa et à la Grèce (Mont Ossa).

2. Zones relativement bien explorées où l'espèce n'a pas été récoltée.

Le nombre de citations sur *E. ornatissimus* est donc très limité par rapport aux nombreux travaux sur les oribates d'Europe. L'espèce est très certainement absente de toute l'Europe septentrionale. Il est intéressant de signaler toutes les régions proches de celles où elle a été découverte et où elle n'a pas été trouvée par les différents auteurs ayant prospecté d'une manière intensive : Yougoslavie (Tarman), Hongrie (Balogh, Mahunka), Tchécoslovaquie (Kunst), Autriche (Willmann, Mihelcic, Schuster, Schatz), Allemagne méridionale (Koch, Popp), Suisse (Schweizer), France (Grandjean, Travé, Lions, Lahoud) et jusqu'à présent Espagne (Perez-Inigo, Subias).

Dans les régions montagneuses proches de la Méditerranée, milieux qui semblent particulièrement favorables à cette espèce, il faut insister sur son absence dans le massif de la Sainte Baume (Var) aussi bien versant Nord (Lions, 1972) que versant Sud (Lahoud, 1978), dans la chaîne de la Trévaresse (Bouches-du-Rhône) (Lions, 1965) et dans le massif des Albères (Pyrénées-Orientales) (Travé, 1963). Dans ces différentes zones, de nombreux prélèvements ont été effectués et il y a de très fortes chances pour que cette espèce ne s'y trouve pas. Il ne faut pas oublier en effet qu'il s'agit d'une espèce certes localisée mais qui est abondante à toutes ses stases dans les secteurs où elle se trouve comme par exemple à Vallombrosa ou à la Verna.

Il faut ajouter aussi que cette espèce est absente des récoltes de F. Grandjean sur la Côte d'Azur, en Algérie et au Maroc, de celles de Bernini en Sardaigne et dans l'Archipel Toscan et des miennes en Corse (nombreux prélèvements dans les principaux groupements végé-

taux), dans l'île de Port-Cros (Iles d'Hyères), à Majorque (Baléares) et dans d'autres parties de Catalogne (Massif de Montseny).

La figure 1 qui récapitule toutes ces données nous montre bien l'isolement de la station des Ports de Tortosa à l'Ouest du bassin occidental méditerranéen.

3. Biologie et écologie

Les indications les plus précises sont fournies par Alicata *et al.*, (1973) qui ont étudié la distribution et les fluctuations saisonnières de cette espèce dans un bois de Chênes verts vers 1 000 m d'altitude, sur sol volcanique. Dans le milieu étudié, c'est une des espèces les plus abondantes dans la litière et le sol sous-jacent. Des déplacements verticaux ont été mis en évidence au cours de l'année; les stases immatures sont toujours présentes et étroitement liées à la litière, ce qui est assez curieux au premier abord.

Les listes des stations de Kunst (1958 et 1961) les fiches de prélèvements de F. Grandjean, F. Bernini, ainsi que les miennes, montrent que *E. ornatissimus* est une espèce forestière et montagnarde. Elle n'a en effet été récoltée en plaine que par Bernini dans 2 localités qu'il signale lui-même comme très particulières et chaque fois par un seul exemplaire (Foresta Umbra, promontoire du Gargano, Pouilles; Parco degli Astroni, Naples). Toutes les autres récoltes se situent au-dessus de 500 m et jusqu'à 1 900 m, avec un optimum entre 900 et 1 200 m. On la trouve aussi bien sous les Chênes verts que sous les Châtaigniers, les Hêtres, les Pins, les Sapins et les Epiceas. Elle vit dans la litière, les Mousses et le bois décomposé des vieilles souches moussues.

Elle fréquente donc les mêmes biotopes que d'autres Cepheidae, les espèces du genre *Cepheus* en particulier. Il est bien possible que, comme ceux-ci, elle soit inféodée aux biotopes riches en tissus ligneux: brindilles, écorces, bois en décomposition, nervures de feuilles



Fig. 1. - Répartition géographique d'*Eupterotegaeus ornatissimus* (Berlese, 1908) en Europe. ★ Stations où l'espèce a été récoltée. ★ Zones où l'espèce n'a jamais été trouvée (cf. texte).

Distribution of *Eupterotegaeus ornatissimus* (Berlese, 1908) in Europe. ★ Stations where the species has been collected. ★ Areas where the species has not been found.

mortes, etc... (Wallwork, 1958, p. 265). Un tel comportement alimentaire pourrait expliquer la préférence des stases immatures pour la litière superficielle, constatée par Alicata *et al.* En effet, les stases immatures aux pattes courtes et aux déplacements lents sont certainement plus liées aux éléments ligneux figurés que les adultes, et ces éléments ligneux sont plus nombreux dans la litière superficielle que dans la couche d'humus.

Je ne pense pas que la nature du substrat rocheux sous-jacent joue un rôle important pour cette espèce, car, si les massifs de Vallombrosa, de la Verna et des Ports de Tortosa sont calcaires (tout comme la Sainte-Beaume d'ailleurs), la station du mont Etna est sur un substrat volcanique.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La présence d'*E. ornatissimus* en Catalogne est intéressante à cause de son isolement dans la partie occidentale du bassin méditerranéen. Peut-on donner une explication à une telle distribution ? Dans l'état actuel de nos connaissances, son absence dans le Massif de la Sainte-Beaume ou dans les Albères, est difficilement explicable. Les raisons de cette aire de distribution disjointe sont certainement complexes. Il est probable que comme beaucoup d'Oribates, *E. ornatissimus* est une espèce très ancienne. La distribution mondiale du genre, son petit nombre d'espèces généralement localisées, militent en faveur de cette hypothèse. Nous savons que certaines espèces actuelles d'Oribates existaient déjà avant la séparation et la dérive des continents (Travé, 1973). Nous savons aussi que les positions relatives des péninsules ibérique et italienne ont bien changé au cours des âges. Au Lias par exemple, au début de l'ouverture de l'océan Atlantique, l'Italie constituait probablement un promontoire avancé du continent africain séparé de l'Espagne par un bras de mer étroit (Tapponnier, 1977, p. 449, fig. 5a). Il est donc possible que cette espèce ait eu dans le passé une grande extension géographique en bordure de la Téthys, et que pour des raisons que nous ignorons, mais probablement d'ordre climatique et écologique, elle ne se soit maintenue que dans quelques massifs refuges. Si la structure et la dynamique des peuplements insulaires (y compris les « îles continentales ») commencent maintenant à être bien connues pour certains groupes d'animaux comme les Oiseaux par exemple (Blondel, 1979), il n'en est pas de même pour les Microarthropodes du sol. De nombreuses recherches sur les îles et les refuges montagneux de la région méditerranéenne sont encore nécessaires pour que nous puissions comprendre la genèse de ces peuplements.

Je remercie vivement le Prof. F. Bernini de m'avoir communiqué tous ses documents concernant cette espèce.

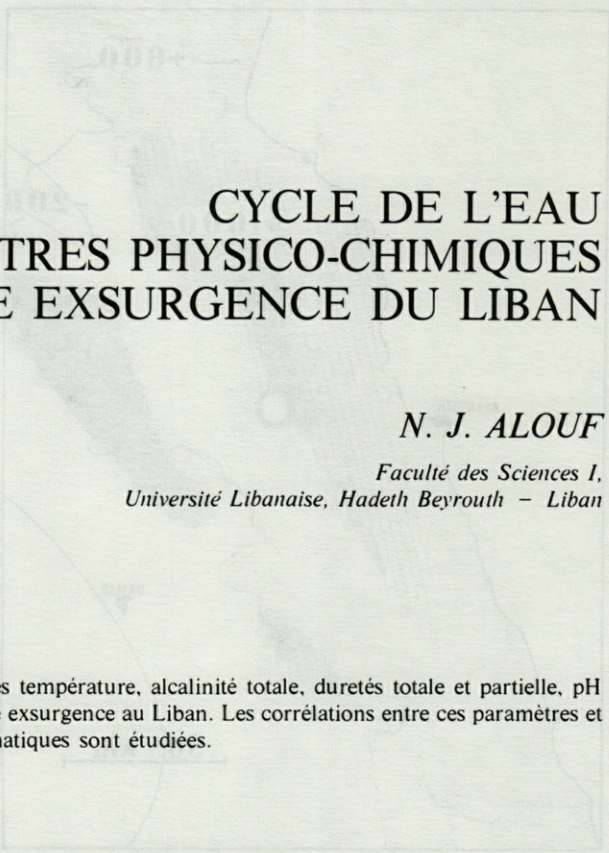
TRAVAUX CITÉS

- ALICATA, P., R. ARCIDIACONO, D. CARUSO et I. MARCELLINO, 1973. Distribution et fluctuations saisonnières des populations de quelques espèces d'Oribates (Acariens) du sol d'un bois de chênes verts de l'Etna. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **10** (4) : 535-557.
- AOKI, J., 1969. Taxonomic Investigations on Free-living Mites in the Subalpine Forest on Shiga Heights IBP Area. III. Cryptostigmata. *Bull. Nat. Sci. Mus.*, **12** (1) : 117-141.
- BLONDEL, J., 1979. Biogéographie et écologie. *Collection d'Ecologie*, **15**, Masson, Paris.
- BULANOVA-ZACHVATKINA, E.M., 1967. Oribates. Editions « Ecole supérieure », Moscou, (en russe).
- FOLCH i GUILLÈN R., 1981. La vegetació dels paisos catalans. *Ketes Editora*, Barcelone.
- KUNST, M., 1958. Bulgarische Oribatiden (Acarina) II. *Acta Univ. Carolinae - Biol.*, **5** (1) : 13-31.
- KUNST, M., 1961. Bulgarische Oribatiden IV. (Acari : Oribatei). *Acta. Univ. Carolinae - Biol.*, (2) : 151-183.
- LAHOUD, L., 1978. Dynamique des peuplements d'Oribates (Acariens) et d'autres Microarthropodes dans le sol de deux stations du versant Sud du Massif de la Sainte-Beaume (Var). *Thèse 3^e cycle. Fac. Sci. Marseille*.
- LIONS, J.C., 1965. Contribution à l'étude écologique des oribatides (Acariens) du sol dans la chaîne de la Trevaresse (Bouches-du-Rhône). *Thèse 3^e Cycle. Fac. Sci. Marseille*.
- LIONS, J.C. 1972. Ecologie des Oribates (Acariens) de la Sainte-Beaume (Var). *Thèse Doct. état. Univ. de Provence*.
- MAHUNKA, S., 1977. Neue und interessante Milben aus dem Genfer Museum XXXIII. Recent data on the Oribatid fauna of Greece (Acari : Oribatida). *Rev. Suisse Zool.*, **84** (3) : 541-556.
- MIHELIC, F. 1958. Zur Kenntnis der Gletscherfauna Tirols. *Zool. Anz.*, **160** (7-8) : 147-150.
- SITNIKOVA, L.G., 1975. Cepheidae. In : Clés de détermination des Acariens du sol - Sarcoptiformes. Editions « Sciences » Moscou : 143-155 (en russe).
- TAPPONNIER, P., 1977. Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée : poinçonnement et écrasement rigide-plastique. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), **19** (3) : 437-460.
- TRAVÉ, J., 1963. Ecologie et Biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arboricoles. *Vie et Milieu*, Suppl. **14** : 1-267.
- TRAVÉ, J., 1973. Les variations chaetotaxiques dans quelques populations de *Mucronothrus nasalis* Willm. (Oribate). *Acarologia*, **15** (3) : 521-533.
- TRAVÉ, J., 1977. Données préliminaires sur la biogéographie des Oribates (Acariens) de l'Himalaya. In : Colloques internationaux du C.N.R.S. n° 268 - Ecologie et géologie de l'Himalaya : 125-128.
- WALLWORK, J.A., 1958. Notes on the feeding behaviour of some forest soil Acarina. *Oikos*, **9** (2) : 260-271.

CYCLE DE L'EAU ET DE QUELQUES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DANS UNE EXSURGENCE DU LIBAN

N. J. ALOUF

Faculté des Sciences I,
Université Libanaise, Hadeth Beyrouth - Liban



LIBAN
KARST
EXSURGENCE
DURETÉ
TEMPÉRATURE

RÉSUMÉ. - Les paramètres température, alcalinité totale, duretés totale et partielle, pH et silice, sont relevés dans une exsurgence au Liban. Les corrélations entre ces paramètres et le débit et les conditions climatiques sont étudiées.

LEBANON
KARST
SPRING
HARDNESS
TEMPERATURE

ABSTRACT. - The parameters : temperature, total alkalinity, total and partial hardness, pH and silica are studied in a lebanese spring. The correlations between these parameters, the outflow and the climatic conditions are examined.

Le territoire de la République Libanaise occupe la partie médiane de la bordure orientale de la Méditerranée. Deux chaînes parallèles de montagnes, le Liban et l'Anti-Liban, le traversent du Nord au Sud, jouant le rôle de barrière vis-à-vis des vents d'ouest humides, et donnant naissance à d'importantes chutes de pluies et neiges concentrées essentiellement en hiver. La moyenne annuelle de pluie est de 900 mm sur la côte, de 1 200 mm au-delà de 1 000 m d'altitude, sur le versant ouest du Mont Liban, et de 600 mm dans la vallée de la Biqa', encastrée entre les deux chaînes, et sur le versant ouest de l'Anti-Liban. La moyenne annuelle du nombre de jours de pluie est de 73 ± 6 jours sur toute l'étendue du territoire sauf dans la partie nord-est à climat sub-désertique, où il ne pleut que 250 mm en moyenne (Fig. 1).

La neige ne couvre le sol pour plus de 24 h qu'à partir de 800 m, elle devient la seule forme de précipitation, en hiver, à partir de 1 800 m. La fonte des neiges

commence au printemps, continue jusqu'à la fin de l'été et, selon l'année, en automne. Mais on ne peut pas parler de neige pérenne au Liban (Coiffait, 1955).

L'exsurgence Bardauni *s.l.*, qui est du type de débordement de faille, jaillit sur le flanc Est du mont Liban. Nous l'avons prospectée, de façon continue, de juin 1973 jusqu'à septembre 1975, de février jusqu'à juin 1978 et de janvier 1980 jusqu'à mars 1981. Elle est alimentée par l'important aquifère cénomaniens du Sannine (Dubertret, 1953; Alouf *et al.*, 1981).

La station Bardauni (fig. 2) est formée par :

- Nab'-l-Bardauni *s.s.*, exsurgence pérenne de 500 l/s à l'étiage. Coordonnées, feuille de Zahlé au 1/50.000, X = 1 632, Y = 2 164, altitude 1 239 (Dubertret, 1953) et non 1 290 m comme nous l'avons noté auparavant (Alouf, 1979).

- Nab'-l-Assuad, exsurgence temporaire qui sourd de janvier-février jusqu'à juillet-août, en fonction des facteurs climatiques.

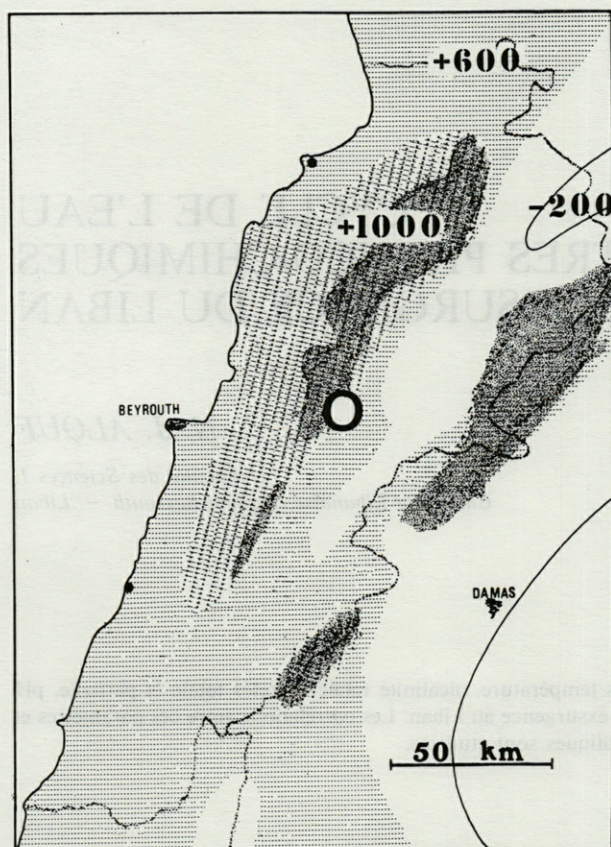


Fig. 1. - Carte pluviométrique et orographique du Liban. Le gris foncé indique les régions dont l'altitude est supérieure à 1 800 m. Les chiffres arabes indiquent la pluviométrie annuelle en mm. Le cercle montre la zone étudiée.

Rainfall and orography of Lebanon. The dark grey indicates the regions where the altitude is superior to 1.800 m. The arabic numbers indicate the annual average of rainfall in mm. The circle shows the studied area.

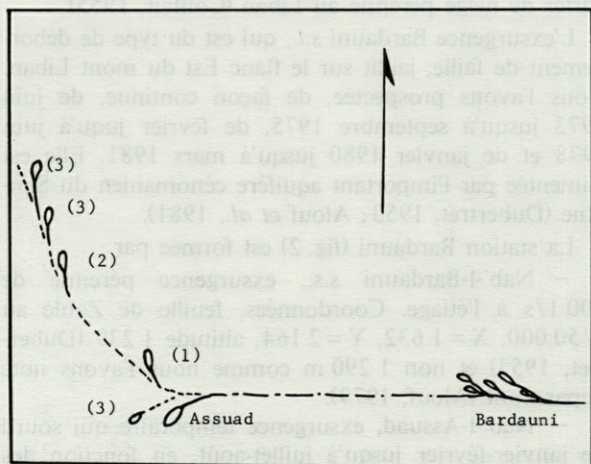


Fig. 2. - Schéma simplifié de la zone prospectée; les distances sont relatives.

Simplified map of the area studied. The distances are relative.

- Autres exutoires, ils sourdent, s'il y a suffisamment d'eau, en mars, avril et mai; ils sont à l'ouest des autres stations.

Ces observations nous ont amené à constater que le débit minimum s'observe en automne, avec des variations dues aux pluies automnales; il augmente en hiver (apparition des eaux dans Nab'l-Assuad) et atteint le maximum au printemps, avec le déversement des sources temporaires.

RELEVÉS PHYSICO-CHIMIQUES

Hakim (1978) releva quelques caractéristiques physico-chimiques, d'où il ressort que cette exurgence est légèrement bicarbonatée et que sa température était de 8 °C le 9/1/67. Nos prospections, faites de façon continue et méthodique, nous ont permis de déceler la présence d'un cycle thermique annuel en rapport avec celui de la circulation des eaux. La température fut relevée dans Nab'l-Bardauni s.s. en 1973-1975, dans Nab'l-Assuad en 1978-1979 et dans tous les exutoires en 1980-1981. Les relevés chimiques n'eurent lieu qu'en 1980-1981. Les différents paramètres ont été étudiés, dans un premier temps, dans les deux sources; puis dans une seule lorsque l'on s'est assuré que les différences étaient insignifiantes. Le pH fut mesuré par colorimétrie; la silice et les sulfates par spectrophotométrie; les duretés calcique et magnésienne, l'alcalinité totale, le CO₂ et les chlorures par titrimétrie.

RÉSULTATS

La température moyenne de l'eau est de 8 °C. Le maximum thermique s'observe en hiver et le minimum à la fin du printemps et au début de l'été. Le maximum absolu, 10 °C, fut observé en mars 1980; le minimum absolu, 6,8 °C, le 6/6/78. Les relevés concernant les années 1978 et 1979 sont donnés dans une étude précédente (Alouf *et al.*, 1981). On relève parfois une différence de 0,1° entre les températures de Nab'l-Assuad et Bardauni. La température évolue et décrit une courbe, descendante au printemps, ascendante en été et en automne et stationnaire en hiver (Fig. 3).

La dureté et l'alcalinité de l'eau évoluent parallèlement à la température. L'alcalinité, en équivalent CaCO₃, varie de 125-140 ppm en hiver à 90 ppm à la fin du printemps. La durée totale est supérieure de 0-10 ppm à l'alcalinité totale. La teneur en calcium est de 30-40 ppm en hiver et de 26-28 ppm de mai jusqu'en août; le passage d'un extrême à l'autre est progressif, excepté en décembre 1980 où une baisse fut observée. La teneur en magnésium est de 10-12 ppm en hiver et de 7-9 ppm au printemps et en été; l'évolution d'un extrême à l'autre montre des « accidents » en relation

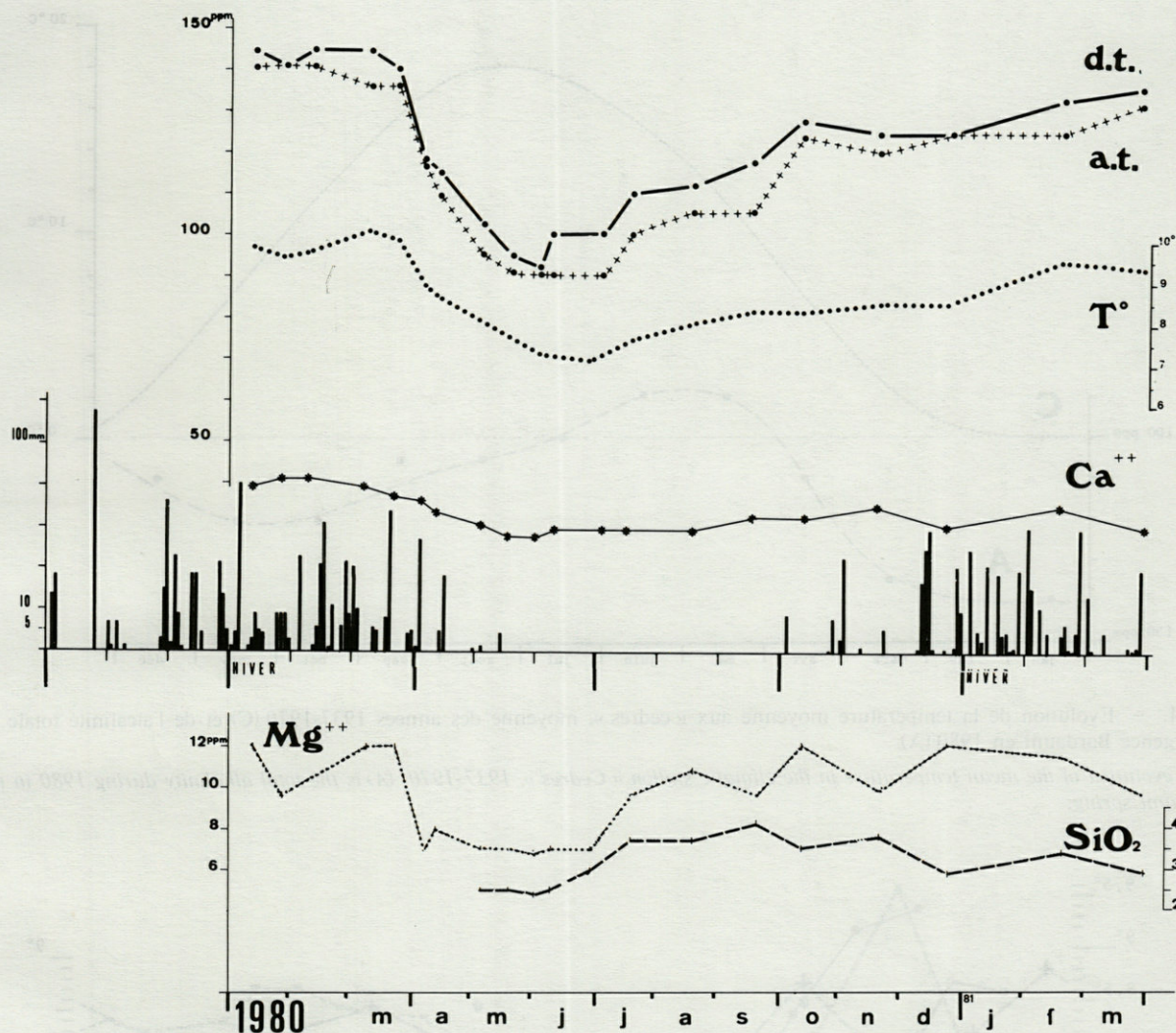


Fig. 3. - Evolution des paramètres physico-chimiques durant l'année 1980 et l'hiver 1981 dans l'exsurgence Bardauni. d.t., dureté totale; a.t., alcalinité totale - les résultats sont exprimés en équivalent CaCO_3 . T° , température. Ca^{++} , Mg^{++} et SiO_2 , résultats exprimés en ppm. Les traits verticaux indiquent la hauteur des pluies, chaque deux jours, sur la côte.

Evolution of the physico-chemical parameters during 1980 and winter 1981 in the Bardauni spring. d.t., total hardness; a.t., total alkalinity - results are given in CaCO_3 equivalent. T° , temperature. Ca^{++} , Mg^{++} and SiO_2 are given in ppm. Vertical lines indicate the rainfall every two days on the coast.

avec la pluviosité; on observe une baisse en janvier et début avril 1980 à la suite d'une grosse pluie et une hausse en octobre 1980 consécutive aux premières pluies.

La teneur en silice varie entre 2,5 ppm au printemps et 4,1 en septembre. L'ammoniaque et le fer se rencontrent sous forme de traces. Les sulfates et les chlorures ont les taux inférieurs à 5 et 10 ppm, respectivement. Enfin le pH moyen est de 7,8, les extrêmes relevés sont de 7,68 en avril et 7,85 en décembre.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le débit de la source Bardauni augmente avec les pluies de l'automne, les eaux ne participent pas, toute-

fois, à la charge du karst noyé; la source Assuad commence à fonctionner en janvier. La fonte des neiges alimente le karst noyé et élève le niveau de la zone amphibie (Magniez, 1974), les exutoires en amont déversent. Le débit maximal, calculé en nombre d'exutoires fonctionnels, est atteint en avril-mai. La baisse s'amorce et continue jusqu'à la nouvelle saison de pluie.

En considérant l'hypothèse d'un « étagement » thermique dans l'aquifère, les eaux de la rétention nivale, nécessairement plus froides lorsqu'elles s'infiltrèrent iront au fond et les eaux qui sourdent dans l'exsurgence seront les plus chaudes de la nappe. L'augmentation subite du débit consécutive à la fonte des neiges, élimine rapidement les eaux stockées antérieurement et se traduit par un léger réchauffement suivi d'un refroidissement rapide et d'une diminution de la salinité de l'eau.

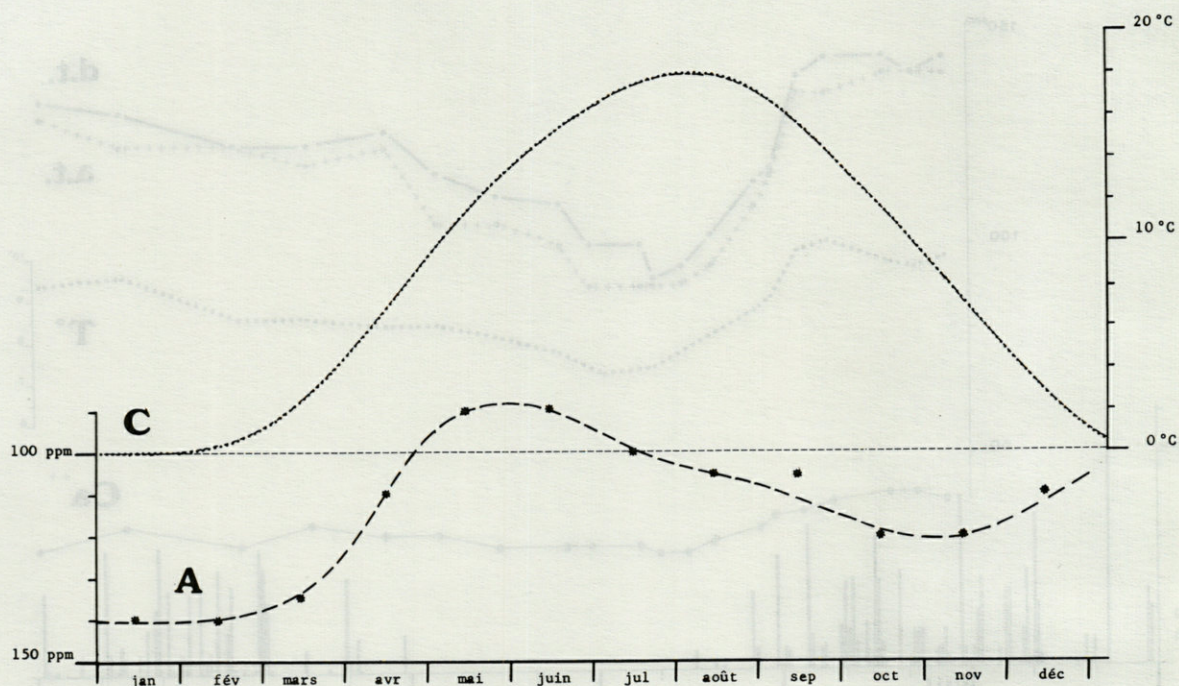


Fig. 4. — Evolution de la température moyenne aux « cèdres », moyenne des années 1937-1970 (C) et de l'alcalinité totale de l'exurgence Bardauni en 1980 (A).

(C) is evolution of the mean temperature in the climatic station « Cèdres », 1937-1970. (A) is the total alkalinity during 1980 in the Bardauni spring.

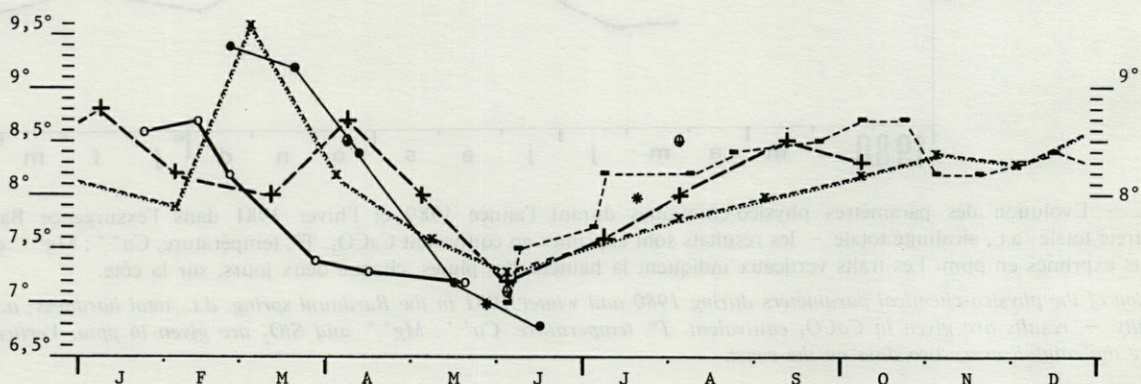


Fig. 5. — Relevés des températures à Nab'l-Bardauni s.l. —, 1973; ×, 1974; +, 1975; données relatives à Nab'l-Bardauni s.l. en tireté; ⊕, 1975; *, 1977; ●, 1978; ○, 1979; données relatives à Nab'l-Assuad, en trait continu.

Temperatures at Nab'l-Bardauni s.l.; data about Nab'l-Bardauni s.l. separate line; data about Nab'l-Assuad, continued line.

Mais, comme la grande partie de la neige accumulée sur les monts a fondu au printemps, l'alimentation du karst en été n'est plus aussi importante, la vitesse de circulation des eaux faiblit, le débit diminue, l'eau se chauffe, un équilibre thermique tend à s'effectuer (Andrieux, 1972); le maximum de débit et les minimums d'alcalinité et de dureté s'observent avant le minimum thermique, les premiers reflètent plus vite les changements des conditions écologiques (Bakalowicz, 1975).

La comparaison de la température moyenne mensuelle dans la station des cèdres, à 1 925 m d'altitude,

avec la teneur en bicarbonate dans les eaux de l'exurgence Bardauni, montre une corrélation entre la salinité et l'échauffement printanier (Fig. 4). La température est inversement proportionnelle à la salinité; les perturbations observées durant la seconde moitié de l'automne seraient dues à l'alimentation directe de l'exurgence par les eaux des pluies percolant la zone des karsts non saturés (Bakalowicz, 1975 et Magniez, 1974).

En conclusion, les maximums de température et de salinité en hiver correspondent au début de l'arrivée massive des eaux de la fonte des neiges, qui éliminent

l'ancien stock, et les minimums, à la fin du printemps, correspondent à son élimination complète et à l'apparition de celles de l'année en cours. Le maximum et le minimum absolus de l'année sont fonction des conditions climatiques des années précédentes et de la saison des pluies qui s'écoule.

BIBLIOGRAPHIE

- ALOUF, N.J., 1979. Cycle de reproduction de deux espèces parentes de Gammares du Liban (Crustacés, Amphipodes). *Ann. Limnol.*, **14** (3) : 181-195.
- ALOUF, N., J.-P. HENRY et G. MAGNIEZ, 1981 (1982). La faune souterraine rejetée par une exurgence temporaire du Liban : *Proasellus bardauni* n.sp., *Vie Milieu*, **31** (1) : 93-99.
- ANDRIEUX, C., 1972. Recherches sur les eaux souterraines – 18 – Le système karstique du Baget (Ariège). I. Sur la thermique des eaux au niveau de l'exutoire principal (note préliminaire). *Ann. Spéléol.*, **27** : 525-541.
- BAKALOWICZ, M., 1975. Géochimie des eaux karstiques et karstifications. *Ann. Spéléol.*, **30** : 581-589.
- COIFFAIT, H., 1955. Mission Henri Coiffait au Liban (1951). 1. Introduction. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, **91** : 333-364.
- DUBERTRET, L., 1953. Carte géologique du Liban au 1/50.000. Feuille de Zahlé avec notice explicative. Rep. Libanaise, Min. Trav. Publ., Beyrouth.
- HAKIM B., 1978. Comparaison des sources de la montagne libanaise. In Karst de montagne karst et structure, colloque de Grenoble, Inst. de Géographie Alpine, 6/7 mai 1977. *Revue Géographie Alpine*, **2-3** : 323-335.
- MAGNIEZ, G., 1974. Observations sur *Stenasellus virei* dans ses biotopes naturels (*Crustacea Isopoda Asellota* des eaux souterraines). *Int. J. Spéléol.*, **6** : 115-171.

Accepté le 28 janvier 1982.

TWO CATCHES OF *CARCHARHINUS LEUCAS* (VALENCIENNES, 1841) CAPTURED IN TROPICAL WESTERN AFRICA

R. GRANDFILS ACCINO, R. MUÑOZ-CHAPULI

Dept. Zoología, Facultad de Ciencias Malaga (Spain)

CARCHARHINUS LEUCAS
LOCALISATION
ATLANTIQUE-E
DENTS

RÉSUMÉ. - Neuf exemplaires de *Carcharhinus leucas* ont été observés sur le quai poissonnier, au port d'Algeciras (Cádiz, Espagne) entre février et avril 1981. Ces individus provenant du Liberia, confirment la présence de cette espèce dans l'Atlantique oriental.

CARCHARHINUS LEUCAS
RANGE
E-ATLANTIC
TEETH

ABSTRACT. - Nine specimens of *Carcharhinus leucas* were observed in the fish trading market in Algeciras (Cádiz, Spain) between February and April, 1981. These sharks arising from Liberia, confirm the presence of this species in the North Eastern Atlantic ocean.

MATERIAL EXAMINED

In the course of studying the sharks captured in the East Atlantic, we have, on two occasions, observed specimens of great size pertaining to the genus *Carcharhinus*. The following characteristics were observed :

- Absence of interdorsal dermic ridge.
- First dorsal very forward and large.
- Short and wide snout.

The places of capture, number of specimens and disembarkation dates are as follows :

- Eight specimens of lengths comprising from between 240 and 260 cms, originating off the coasts of Monrovia (Liberia) and brought ashore in February, 1981.
- A specimen of 240 cms of unknown origin but somewhere off the Atlantic coast, between 5° and 20°N.

We have conserved a dried jaws from one of the large specimens captured in February. In the said jaws, a large quantity of Dasyatidae stings embedded in the

fleshy parts were present. The following details describe it (Figure 1) :

- Size : height 45 cms, width 46.5 cms.
- Upper teeth : very broad, triangular, apex attached to the base, regularly serrated edges. Single symphysiary series, tending to divide itself in two. Dental formula : 13-1(2)-13 (Plate, B).
- Lower teeth : Apex attached to the base, broad, erect, lightly serrated along its entire length. Three symphysising series. Dental formula : 12-3-12. (Plate, C).

COMMENT

From the available data we have identified the specimens as pertaining to the species *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1841). Other similar species may be eliminated by the presence of dermic ridge (*C. plumbeus*, *C. perezii*) or by its dental formula (*C. longimanus*). The only possibility of confusion would be with *C. amboinensis* (Muller and Henle, 1841), a species distinguished from that in question by the number of vertebrae and by relation of the measurements between the first and

second dorsal, data which we do not possess, *Carcharhinus amboinensis*, according our data is only included in the area by Blache *et al.*, (1970), however the figure accompanying the text corresponds to *C. leucas* (taken from Bigelow and Schroeder, 1948).

C. leucas has been sighted occasionally in the East Atlantic. Rochebrune (1882) and Metzelaar (1919) include this specimen in their catalogues, without giving any description or precise data. Guichenot (1850) referred to the capture of a specimen of *C. leucas* off the coast of Algeria. Its later examination by Tortonese (1956) demonstrated that what was referred to was *C. plumbeus*.

Dollfuss (1955) includes *C. leucas* in his ichthyological files of Morocco without giving any data either. *C. leucas* is reported from Casamance river, in Southeastern Atlantic, by Paraiso (1957).

Collignon and Aloncle (1972) in their work of fish in Morocco, consider *C. commersonii* as a synonym of *C. leucas*, and affirm that it is accidentally captured in the boulders of the zone. The confusion, however persists, the figure published by these authors is the same as that of Bigelow and Schroeder (1948), a specimen of *C. leucas* captured in Florida. On the other hand, the sighting of *C. commersonii* by Lozano Rey (1928) can never refer itself to *C. leucas* as sustained by Collignon and Aloncle, given that the spanish author's descriptions confirms the presence of interdorsal dermic ridge, always absent in *C. leucas*.

Quero & Vayne (1978) think that the presence of *C. Leucas* in tropical NE-Atlantic is doubtful. Compagno (in Fischer, 1978) affirms its existence in Eastern Atlantic, without precisions.

Compagno (in Fischer *et al.*, 1981) gives spotty records in Morocco, Senegal, Gambia, Ivory Coast and Gabon, based in bibliography.

Our observation, as such, comes to confirm the presence of this species in Eastern Central Atlantic, common, on the contrary, along the shores of the western Atlantic. Possibly, its northward excursions are limited, finding themselves restricted to the tropical zone.

REFERENCES

- BIGELOW, H.B. and W.C. SCHROEDER, 1948. Sharks, in Fishes of the Western North Atlantic, *Mem. Sears. Found. Mar. Res. New Haven*, **1** (1): 59-576.
- BLACHE, J., J. CADENAT and A. STAUCH, 1970. Clés de détermination des poissons de mer signalés dans l'Atlantique Oriental (entre le 20° parallèle N. et le 15° parallèle S.). *Faune tropicale*, **18**: 479 p., 1 152 fig.
- COLLIGNON, J. and H. ALONCLE, 1972. Catalogue raisonné des poissons des mers marocaines: Cyclostomes, Selaciens et Holocephales. *Bull. Inst. Pêches Marit. Maroc.*, **19**: 1-63.
- DOLLFUSS, R. Ph., 1955. Première contribution à l'établissement d'un fichier ichthyologique du Maroc Atlantique de Tanger à l'embouchure de l'Oued Dra. *Tra. Inst. Scient. Chérif.*, **Zool.**, **6**: 227 pp.
- FISCHER, W., 1978. FAO species identification sheets for fishery purposes. Western central Atlantic (fishing area 31) Food and agriculture organization of the United Nations. Rome.
- FISCHER, W., G. BIANCHI and W.B. SCOTT, 1981. FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern central Atlantic; Fishing areas 34, 47 (in part). Canada Funds-in-trust. Ottawa, Department of Fisheries Oceans Canada, by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations. **1-7**: pag. var.
- GUICHENOT, A., 1850. Histoire naturelle des Reptiles et des Poissons. *Explor. Scient., Algérie 1840-42. Sc. Phys. Zool.*, **5**: 148 p.
- LOZANO REY, L., 1928. Fauna Ibérica. Peces (Generalidades, Ciclóstomos y Elasmobranchios) *Mus. Cienc. Nat. Madrid*, **1**: 1-692, 197 fig. 20 pl.
- METZELAAR, J., 1919. Marine fishes of tropical West-Africa. *Rapport in the colonie Curaçao*, **II**, p. 85.
- PARAISO, M.J., 1957. Remarks on certain Selachii caught at the mouth of the Casamance. *C.S.A. Symposium on Oceanography and sea Fisheries off the west Coast of Africa, Luanda, 20th-27th November, 1957*: 1-14.
- QUERO, J.C. and J.J. VAYNE, 1978. Clé de détermination des poissons marins de l'Atlantique du nord-est (entre le 80° et le 30° parallèle nord). 1. Agnathes, Sélaciens et Holocephales. *Inst. Scient. Tech. Marit., La Rochelle*: 1-103.
- ROCHEBRUNE, A.T., 1882. Faune de la Sénégambie. *Act. Soc. Linn. Bordeaux*, **4-3** (36): 23-120.
- TORTONESE, E., 1956. *Leptocardia, Cyclostomata, Selachii*. Fauna, Ital., **II**, 334 pp. 163 fig. Ed. Calderini, Bologna.

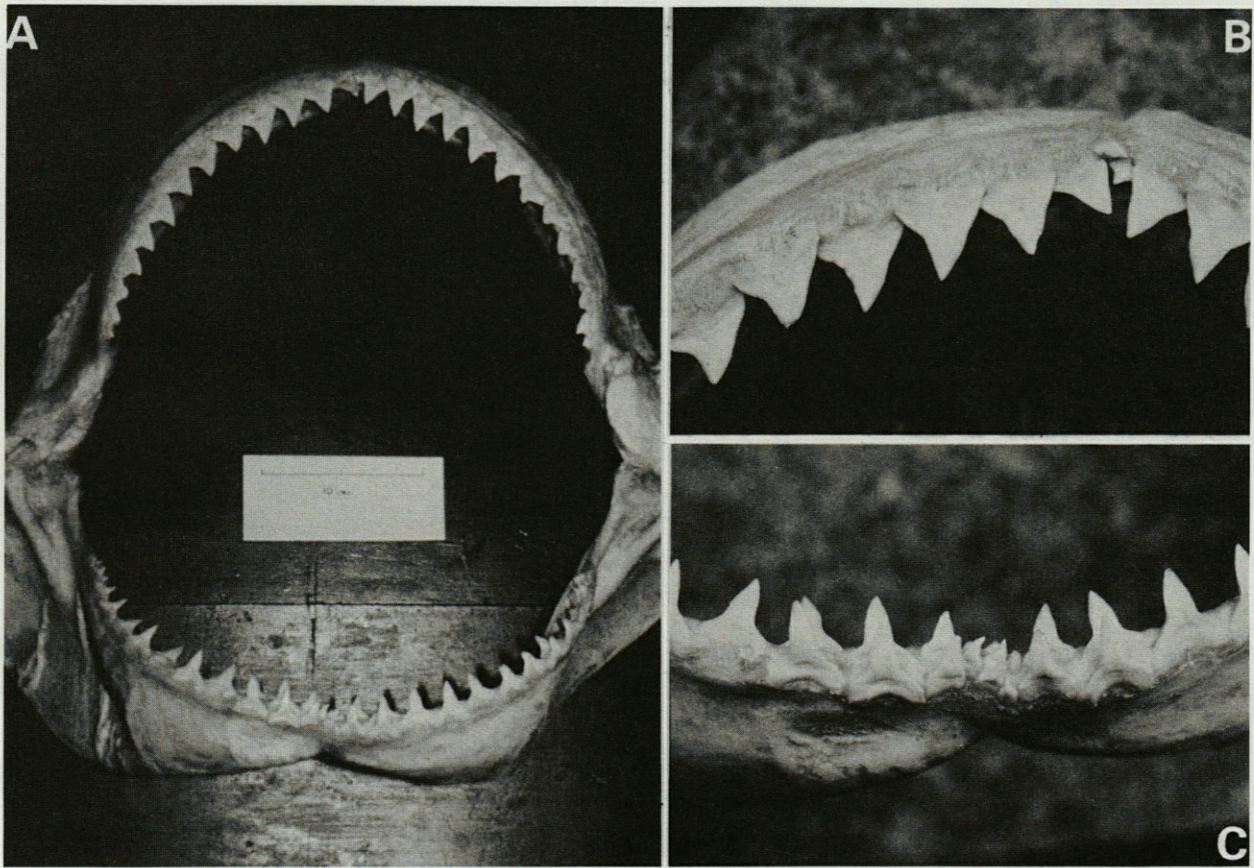


PLATE I. - A) Jaws of *Carcharhinus leucas* originating from Monrovia (Liberia); B) Upper teeth; C, Lower teeth.

IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT DU DOMAINE MARITIME SUR L'ÉTAGE INFRALITTORAL DES BOUCHES-DU-RHÔNE (FRANCE-MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE) *

A. MEINESZ (1), J.M. ASTIER (2), A. BODOY (3),
G. CRISTIANI (2) et J.R. LEFÈVRE (4)

(1) Laboratoire de Biologie et d'Écologie marines,
Université de Nice

Parc Valrose, 06034 Nice Cedex

(2) Laboratoire de Biologie marine,

Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme,
Université d'Aix-Marseille, 13397 Marseille Cedex 4

(3) Station marine d'Endoume,

rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille

(4) Service Maritime.

Cellule d'intervention contre la pollution
dans les Alpes-Maritimes (CIPAIM),

C.A. B.P. 3, 06028 Nice Cedex

IMPACT
AMÉNAGEMENT LITTORAL
BOUCHES-DU-RHÔNE
MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

RÉSUMÉ. — L'étage infralittoral situé entre 0 et - 20 m devant les 281 km de côtes des Bouches-du-Rhône s'étend sur 39 847 hectares. Sur cette surface ont été construits 53 aménagements divers (ports, plages alvéolaires, terre-pleins) qui représentent 1 306 ha dont 618 de plans d'eau portuaires. L'emprise sur la mer est particulièrement importante sur les côtes rocheuses de l'est du département (entre Fort de Bouc et La Ciotat soit 174 km de côtes et 5 715 ha entre 0 et - 20 m). Dans cette zone rocheuse, 49 ouvrages occupent 1 054 ha gagnés sur la mer; la destruction irréversible des petits fonds atteint 25 % de la surface des petits fonds situés entre 0 et - 10 m et 18 % de la surface de l'étage infralittoral situé entre 0 et - 20 m.

IMPACT
HARBOUR DEVELOPMENT
BOUCHES-DU-RHÔNE
WESTERN MEDITERRANEAN

ABSTRACT. — The infralittoral zone between 0 and - 20 m depth before the 281 km of Bouches-du-Rhône coasts extends over 39 847 hectares. On this area were built 53 different coastal managements (harbours, half closed artificial beaches, earth platforms) covering 1 306 ha including 618 ha of stretches of water inside the harbours. The seabed occupation is particularly important on the rocky coasts of the eastern part of the department (between Fort de Bouc and La Ciotat there are 174 km of coast line and 5 715 ha of sea-floor between 0 and - 20 m deep). In this rocky district 49 coastal managements cover 1 045 ha of the sea bed; this irreversible destruction has reached 25 % of the shallows between 0 and - 10 m and 18 % of the infralittoral zone area, between 0 and - 20 m.

(*) Cette étude est extraite d'un rapport réalisé sous convention entre l'Union Départementale des Bouches-du-Rhône pour la protection de la Vie et de la Nature (U.D.V.N. 13) et la Mission Interministérielle pour la Protection et l'Aménagement de l'Espace Naturel Méditerranéen.

INTRODUCTION

Ces dix dernières années, de nombreux aménagements à vocation touristique ont été gagnés sur le domaine maritime, et actuellement, plusieurs communes littorales envisagent leur extension sur la mer. Le long des côtes des Bouches-du-Rhône ces équipements s'intercalent entre les grands complexes portuaires commerciaux construits sur la mer, au siècle passé (grand port de Marseille) ou plus récemment (port de la Ciotat et complexe pétrolier de Fos). Ces aménagements (ports, plages alvéolaires, terre-pleins) représentent une menace pour la vie marine benthique littorale. En effet, chaque ouvrage gagné sur la mer détruit irréversiblement sa propre surface de vie sous-marine. En outre, toute restructuration du littoral entraîne de profondes perturbations dans l'équilibre hydrodynamique du site d'implantation. Enfin, les plans d'eau des ports sont des zones polluées par l'activité portuaire. Or, les côtes de Provence-Côte d'Azur présentent jusqu'au Delta du Rhône un plateau continental très exigu; ainsi, chaque ouvrage gagné sur la mer réduit de façon notable la zone où la vie marine benthique est la plus riche.

Cette étude a pour objectif de dresser l'inventaire exhaustif des surfaces des terre-pleins gagnés sur la mer ainsi que celles des plans d'eau portuaires où le milieu a été profondément et irréversiblement dégradé. La comparaison entre ces surfaces et celles des petits fonds où la vie marine est intense permet d'évaluer le principal impact des ouvrages construits sur le domaine maritime. Deux études similaires décrivent la situation du littoral des deux autres départements de la région Provence-Côte d'Azur (Alpes-Maritimes: Meinesz et Lefèvre, 1978; Var: Meinesz, Astier et Lefèvre, 1981).

La zone de petits fonds convoitée par l'homme, où tous les ouvrages ont été construits, se situe essentiellement entre 0 et -10 m. La limite inférieure de la zone couverte par notre étude (-20 m) a été choisie par commodité: en effet, l'isobathe -20 m est figurée sur toutes les cartes marines à grande échelle. Cette isobathe délimite avec la côte une surface de petits fonds où se rencontre un ensemble de biocénoses appartenant à l'étage infralittoral. En fait, l'étage infralittoral correspond en Méditerranée à l'amplitude verticale des herbiers de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (L.) Delile et des peuplements d'Algues photophiles. Sur les côtes des Bouches-du-Rhône, la limite inférieure de cet étage n'a pas encore été cartographiée avec précision dans son ensemble. Les quelques rares références bibliographiques existant sur la localisation précise (en plongée sous-marine ou au sonar latéral) de la limite inférieure des herbiers de *Posidonia* des Bouches-du-Rhône permettent de la situer essentiellement entre -20 m et -30 m (Harmelin et True, 1964; Cristiani, 1980). La zone des 0-20 m représente de toute façon la majeure partie de cet étage infralittoral. Il convient de signaler également que l'herbier de Posidonie s'arrête au voisinage du Delta du Rhône (à partir du Golfe de Fos et

jusqu'à la limite départementale située à l'Ouest du Rhône, les Posidonies sont absentes). Dans ce vaste secteur, les autres espèces de végétaux photophiles: Algues ou Phanérogames (*Zostères*) constituent rarement des végétations denses ou descendent exceptionnellement jusqu'à -20 m. Ainsi, dans toute cette zone, l'étage infralittoral est toujours situé à l'intérieur des 0-20 m.

MÉTHODES

Pour calculer les surfaces de l'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m et celles des aménagements réalisés sur la mer, nous avons utilisé deux méthodes choisies pour leur grande précision et déjà employées pour les deux études précédentes.

- L'une consiste à reproduire la partie de la carte étudiée sur un papier cartonné homogène, puis à découper les zones à mesurer et de les peser sur une balance de précision ($\pm 0,0001$ g). Par comparaison avec le poids d'une surface connue de papier cartonné on obtient les résultats;
- L'autre consiste simplement à appliquer une feuille de papier millimétré transparente sur la surface à mesurer. Après le décompte des mm^2 , on élève la surface obtenue à l'échelle de la carte.

L'utilisation simultanée de ces deux méthodes tout à fait différentes permet d'une part de mettre à jour les erreurs éventuelles de calculs ou de mesures (probables sur plusieurs centaines de mesures) et d'autre part, de considérer la moyenne des deux résultats. Enfin, pour plus de précision, si l'écart entre la moyenne et les deux résultats est supérieure à 1,5%, nous avons refait les deux mesures.

Pour certains secteurs où l'isobathe -20 m est très proche d'un trait de côte souvent sinueux, nous avons agrandi d'un facteur 2 les cartes marines utilisées (par photocomposition). Ce procédé a permis d'augmenter la précision des mesures et de rapprocher les deux résultats dans la limite des $\pm 1,5\%$ par rapport à leur moyenne. Pour tous les calculs de surfaces nous avons arrondi le résultat définitif au 1/100 d'ha.

Les calculs des surfaces de petits fonds situés entre 0 et -20 m ont été effectués sur 9 cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Pour les Bouches-du-Rhône, il convient de signaler que les cartes du S.H.O.M. sont très précises pour l'Est du département (de Fos aux Lecques: échelles comprises entre 1/10 000 et 1/25 000), tandis qu'à l'Ouest (delta du Rhône) les cartes n'existent qu'à des échelles avoisinant le 1/50 000. Dans le cas où un secteur est couvert par plusieurs cartes, nous avons effectué nos calculs sur la carte présentant la plus grande échelle (pour augmenter la précision des résultats). Les références des cartes utilisées figurent dans la bibliographie.

Les calculs de surface des petits fonds ne tiennent pas compte, ni de la morphologie du fond, ni de la dénivela-

tion; ils concernent uniquement la surface projetée sur un plan horizontal. Ces calculs ont été effectués à partir de la ligne de côte naturelle. Pour les secteurs où des aménagements ont modifié la ligne du rivage, nous avons tenu compte du tracé initial. Dans certains cas, (comme pour la rade de Marseille), nous avons recherché sur 3 cartes très anciennes le tracé initial du littoral. Ainsi, les résultats de tous nos calculs de petits fonds concernent la surface initiale (avant toute restructuration).

L'étage infralittoral compris entre 0 et - 10 m où vit la majeure partie des espèces photophiles a été distingué de celui situé entre 0 et - 20 m (ces 2 isobathes figurent sur les cartes utilisées).

Pour le calcul des surfaces des aménagements nous avons dans un premier temps dressé un inventaire exhaustif de tous les ouvrages réalisés sur le domaine maritime (dont la surface est supérieure à 0,01 ha). Pour réaliser cet inventaire nous avons effectué d'une part plusieurs visites des côtes le long du rivage et, d'autre part un survol aérien de tout le littoral. Nous nous sommes ensuite procurés 38 plans d'aménagements auprès des Services Techniques des municipalités littorales ainsi qu'auprès des Services de l'Équipement et du Port autonome de Marseille. Les plans des ouvrages ainsi recueillis sont tous à des échelles commodes pour nos calculs de surface (entre le 1/250 et le 1/1 000 pour les petits ouvrages et entre le 1/1 000 et le 1/5 000 pour les ouvrages les plus importants). A ces échelles et par les contours géométriques réguliers des aménagements, les écarts entre les 2 résultats des calculs de surfaces (effectués chaque fois par les 2 méthodes décrites), sont le plus souvent nettement inférieurs à 1 % par rapport à leur moyenne. Des photos aériennes prises lors du survol aérien ont permis de corriger certains plans qui se sont avérés soit périmés (constats de modifications importantes des ouvrages), soit à des échelles erronées. Enfin pour certains ouvrages de taille inférieure à 2 ha, nous n'avons pu trouver de plans commodes pour calculer leurs surfaces, celles-ci ont été mesurées sur place.

Pour les calculs de surface des aménagements, nous avons tenu compte uniquement des surfaces gagnées sur la mer. Ainsi les surfaces des plans d'eau des ports creusés sur terre (ex. : Bassins de Fos) ont été mesurées, mais non ajoutées aux plans d'eau situés sur le domaine maritime. Pour les digues des ouvrages maritimes, nous n'avons tenu compte que des surfaces émergées; la surface des fonds recouverts par la base des ouvrages mais restant immergée n'a pas été comptée. Pour les ports et les plages alvéolaires, nous avons distingué les parties émergées du plan d'eau endigué rentrant également dans l'inventaire des surfaces aménagées. Les limites des plans d'eau sont toujours déterminées par le tracé le plus court entre les 2 extrémités de digue (ou d'une digue à la côte) qui protègent le plan d'eau. Nous avons tenu compte des vieux ports, car leur aspect artificiel reste toujours présent et leurs plans d'eau ont les mêmes caractéristiques que ceux des nouveaux ouvrages.

Pour le calcul du linéaire du rivage et des restructurations, nous avons pris les mesures au curvimètre de précision. La moyenne de plusieurs mesures pour un même linéaire a été considérée. Tous ces calculs ont été faits sur 14 cartes de l'institut géographique national (I.G.N.) ou du S.H.O.M., à une échelle comprise entre le 1/17 000 et le 1/25 000. Pour le calcul du linéaire d'un rivage aménagé, nous avons mesuré la ligne de côte initiale modifiée par l'ouvrage (et non la nouvelle ligne du rivage représentée par la digue extérieure).

Le littoral du département des Bouches-du-Rhône présente des aspects variés. Les connaissances sur le milieu marin de ce littoral nous ont permis de découper ce littoral en 11 secteurs relativement homogènes. Les limites de ces secteurs sont naturelles (caps, pointes etc...); elles ne tiennent pas compte des frontières administratives existantes (communes, prud'homies de pêche etc...). Les limites des secteurs choisis sont indiquées sur le tableau I.

RÉSULTATS

Les résultats sont présentés sous forme de 6 tableaux.

Deux cartes localisent les 53 aménagements inventoriés et les 11 secteurs délimités.

Parmi l'ensemble des aménagements inventoriés, (liste et numéro de référence Tabl. V), nous avons relevé des cas particuliers qui nécessitent les précisions suivantes.

- *Terre-plein des Moulins (n° 1)*. - Cet aménagement est également connu sous le nom de « Restaurant King - Les trois frères ».

- *Port de La Ciotat (n° 8)*. - La forme de radoub du chantier naval a été comptée comme terre-plein car aucune vie marine ne peut y persister.

- *Port Miou (n° 10)*. - Le fond de cette calanque a été transformé en port aménagé simplement par de nombreux appontements légers. Le plan d'eau occupé toute l'année par des bateaux au mouillage, présente les mêmes caractéristiques que les plans d'eau de ports artificiels. Le fond est notamment constitué de vases polluées: Gaillande (1968). Nous avons donc tenu compte de ce plan d'eau.

- *Vieux port de Marseille (n° 26)*. - Seul le plan d'eau compris entre le Fort Saint-Nicolas et le Fort Saint-Jean a été retenu. En fait, le vieux port de Marseille se situe dans une anse naturelle qui fut comblée petit à petit au cours des siècles passés (jusqu'en 1840) par de multiples aménagements successifs. Nous n'avons pas tenu compte du bassin de carénage (situé sous le Fort Saint-Nicolas) qui a été creusé sur terre vers 1830 (surface de ce plan d'eau 0,96 ha).

- *Bassins portuaires de Marseille (n° 27)*. - Cet aménagement comprend l'ensemble des bassins portuaires

Tabl. I. - Côtes des Bouches-du-Rhône : délimitation des secteurs.

Bouches-du-Rhône coast : district delimitation.

No du secteur	Dénomination	Limites	
		est	ouest
1	Baie de la Ciotat	Limite départementale	Bec de l'Aigle
2	Baie de Cassis	Bec de l'Aigle	Port Miou (Pointe Est)
3	Les Calanques	Port Miou (Pointe Est)	Cap Croisette
4	Rade du Prado	Cap Croisette	Pointe d'Endoume
5	Iles du Frioul et du Planier		
6	Rade de Marseille	Pointe d'Endoume	Cap Méjean
7	Côte Bleue	Cap Méjean	Cap Couronne
8	Ponteau	Cap Couronne	Fort de Bouc
9	Golfe de Fos	Fort de Bouc	Pointe du They de la Gracieuse
10	Embouchure du Rhône	Pointe du They de la Gracieuse	Pointe de Beauduc
11	Golfe des Stes Maries	Pointe de Beauduc	Rhône vif Limite départementale

Tabl. II. - Côtes des Bouches-du-Rhône : surfaces de l'étage infralittoral (entre 0 et -10 m et -10/-20 m) en hectares.

Bouches-du-Rhône coasts : surface-areas of the infralittoral zone (between 0 and -10 m and -10/-20 m) in hectares.

No du secteur	Dénomination	0/-10	-10/-20	Total 0/-20
1	Baie de la Ciotat	276,35	250,01	526,36
2	Baie de Cassis	108,39	143,56	251,95
3	Les Calanques	150,02	424,30	574,32
4	Rade du Prado	415,81	516,54	932,35
5	Iles du Frioul et Planier	144,82	148,66	293,48
6	Rade de Marseille	607,27	773,11	1 380,38
7	Côte Bleue	396,76	420,23	816,99
8	Ponteau	451,43	487,72	939,15
9	Golfe de Fos	3 379,95	1 807,07	5 187,02
10	Embouchure du Rhône	5 233,38	4 773,79	10 007,17
11	Golfe des Stes Maries	6 423,43	12 515,04	18 938,47
Total : Côtes des Bouches du Rhône		17 587,61 ha	22 260,03 ha	39 847,64 ha
dont :				
a - Côte rocheuse (de la Ciotat à Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)		2 550,85 ha	3 164,13 ha	5 714,98 ha
b - Delta du Rhône (de Fort de Bouc aux Stes Maries, secteurs 9 à 11)		15 036,76 ha	19 095,90 ha	34 132,66 ha

depuis l'extrémité de la digue Sainte-Marie Pointe de la Désirade jusqu'à l'ouest de la digue du Port de la Corbière. Seul le bassin du Vieux Port a été considéré à part (n° 26). Les formes de radoub ont été comptées comme terre-plein (aucune vie marine ne peut y persister). L'emplacement des docks flottants a été compté comme plan d'eau.

Il convient de signaler que, si le port occupe presque la totalité des petits fonds situés entre 0 et -20 m, une petite partie de l'avant port Nord et du bassin Léon Gouret a été construite sur des fonds compris entre -20 et -30 m. Par ailleurs, nous n'avons pas trouvé de cartes antérieures à la construction des ports de Marseille où figurent les isobathes -10 et -20 m. Cependant, nous avons constaté que le trait de côte initial et les isobathes -10 et -20 m délimitent deux zones (0/-10 m, -10/-20 m) de largeur à peu près identique. Ainsi, pour répartir les surfaces portuaires

situées d'une part entre 0 et -10 m et d'autre part entre -10 et -20 m, nous avons effectué une estimation en divisant la surface totale du port en 2 parties égales (413 ha sur 0/-10 m et 413 ha sur -10/-20 m).

- *Port abri de l'anse de Lauron (n°44)*. - Cette anse naturelle est un mouillage permanent avec quelques aménagements légers (dont des appontements en bois).

- *Anse d'Auguette (n°48)*. - Cette anse a été fermée par 2 digues et a été transformée en bassin de décantation pour les eaux usées industrielles de Naphtachimie.

- *Ancien bassin de Naphtachimie (n°49)*. - Ce bassin était autrefois une anse qui a été fermée pour servir de bassin de décantation des eaux usées de Naphtachimie. A la suite d'une tempête, la digue a cédé, depuis ce bassin n'est plus utilisé par Naphtachimie.

- *Golfe de Fos (Secteur 9)*. - Dans ce secteur on peut distinguer les 5 catégories d'aménagement suivantes :

1) Le terre-plein gagné sur la mer (le terre-plein de l'appontement des pétroliers) et le plan d'eau compris entre les 2 digues de ce terre-plein.

2) Les plans d'eaux portuaires gagnés sur la terre ou sur des étangs plus ou moins saumâtres (Darse Sud, Darse n° 1, Darse n° 2 et étang de Gloria).

3) Les creusements de front de mer (entre les darses 1 et 2 et devant l'étang de Gloria).

4) Les chenaux creusés en mer (petits fonds compris entre 0/-10 dragués et maintenant entre -10/-20 m ou > à -20 m, et petits fonds situés initialement entre -10/-20 m et maintenant > à -20 m).

5) Les dépôts de dragage qui ont été effectués devant Fort de Bouc sur des fonds situés entre 0 et -10 m.

- Pour notre étude, nous ne tenons compte que des aménagements gagnés sur la mer (les deux premières catégories). Cependant, nous donnons ci-dessous les surfaces des autres aménagements qui ont également profondément modifié le littoral.

Surface des aménagements particuliers

- *Plans d'eau portuaires gagnés sur la terre :*

• darse sud	67,20 ha
• darse n° 1	248,56 ha
• darse n° 2	249,87 ha
• étang de Gloria	42,11 ha
Total	607,74 ha

- *Aménagement des fronts de mer par creusement :*

• entre darses n° 1 et n° 2	3,52 ha
• devant l'étang de Gloria	4,66 ha
• entre Port Carteau et digue Saint-Louis	4,25 ha
Total	12,43 ha

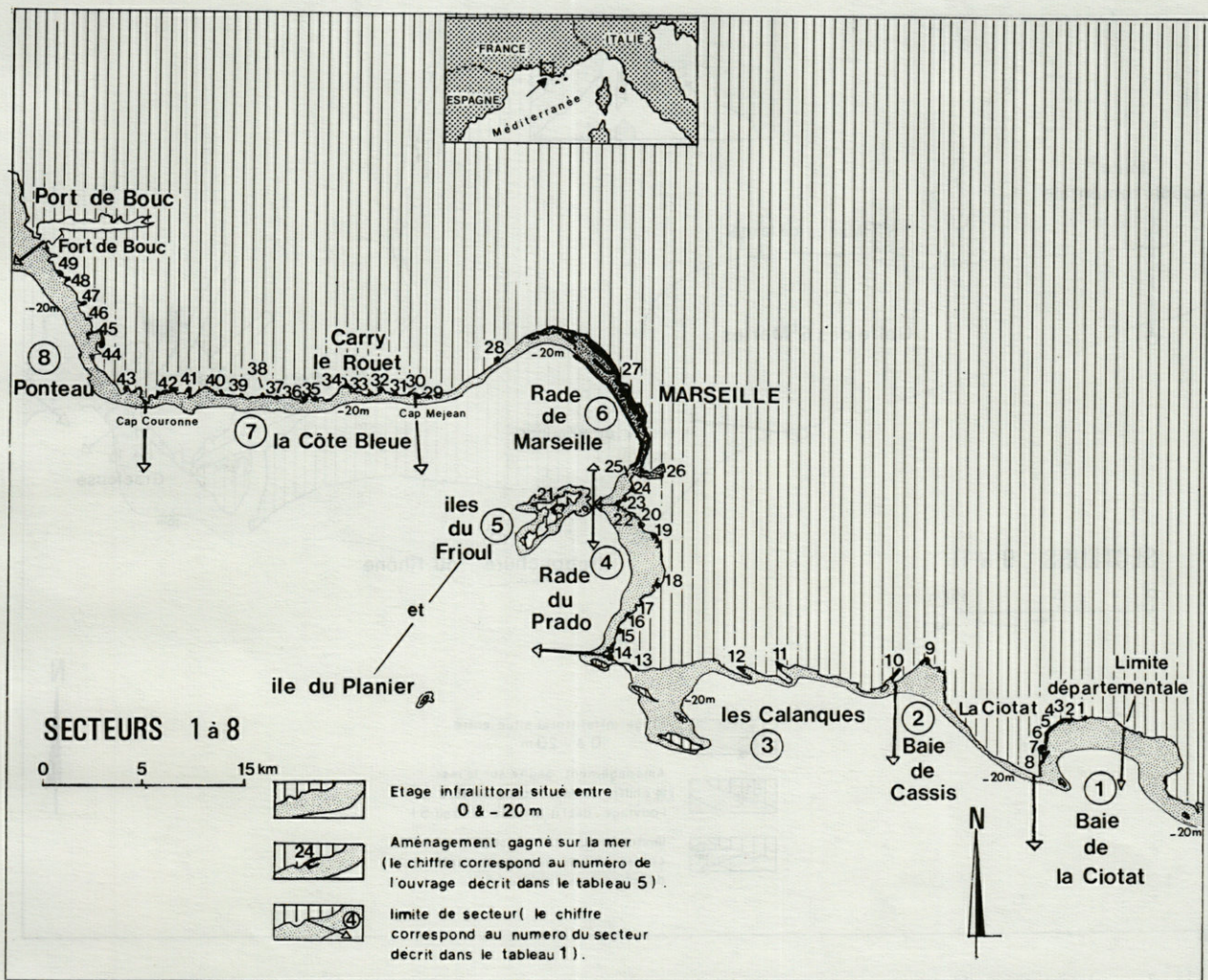


Fig. 1. - Localisation des secteurs et des aménagements gagnés sur la mer de la côte rocheuse de l'Est du département des Bouches-du-Rhône.

Localisation of the districts and developments built upon the sea-bed on the rocky coasts in the Eastern part of the department of Bouches-du-Rhône.

- Chenaux creusés en mer :

• 0/ - 10 dragué en - 10/ - 20 m . . .	203,84 ha
• 0/ - 10 dragué supérieur à - 20 m .	152,33 ha
• - 10/ - 20 dragué supérieur à - 20 m	198,91 ha
Total	555,08 ha

- Dépôt de dragage devant Fort de Bouc : 170,32 ha

- Embouchure du Rhône (Secteur 10). - Le tracé de cette côte subit des fluctuations naturelles parfois importantes (atterrissement ou gains de mer). Elles sont susceptibles de modifier les surfaces de petits fonds situés au devant.

- Epis des Saintes-Marie-de-la-Mer (n° 53). - 7 épis mesurant chacun plus de 0,01 ha.

ANALYSE DES RÉSULTATS

En considérant l'étendue et les caractéristiques sédimentologiques et biocénotiques des petits fonds des Bouches-du-Rhône, on peut distinguer les 2 zones suivantes :

- la côte rocheuse de l'Est du département de La Ciotat à Fort de Bouc (secteurs 1 à 8) qui présente une surface d'étage infralittoral (entre 0 et - 20 m) très exiguë (2 551 ha entre 0 et - 10 m; 3 164 ha entre - 10 et - 20 m, soit 5 715 ha entre 0 et - 20 m). Sur la plupart des fonds de cette zone, une couverture végétale dense peut s'observer. L'herbier de Posidonies se rencontre dans tous les secteurs (Giraud, 1980).

- La côte sableuse de l'Ouest du département de Fort de Bouc à Saintes-Maries (secteurs 9 à 11) qui présente une vaste surface de petits fonds constitués par l'accumulation des alluvions du Rhône (15 037 ha entre

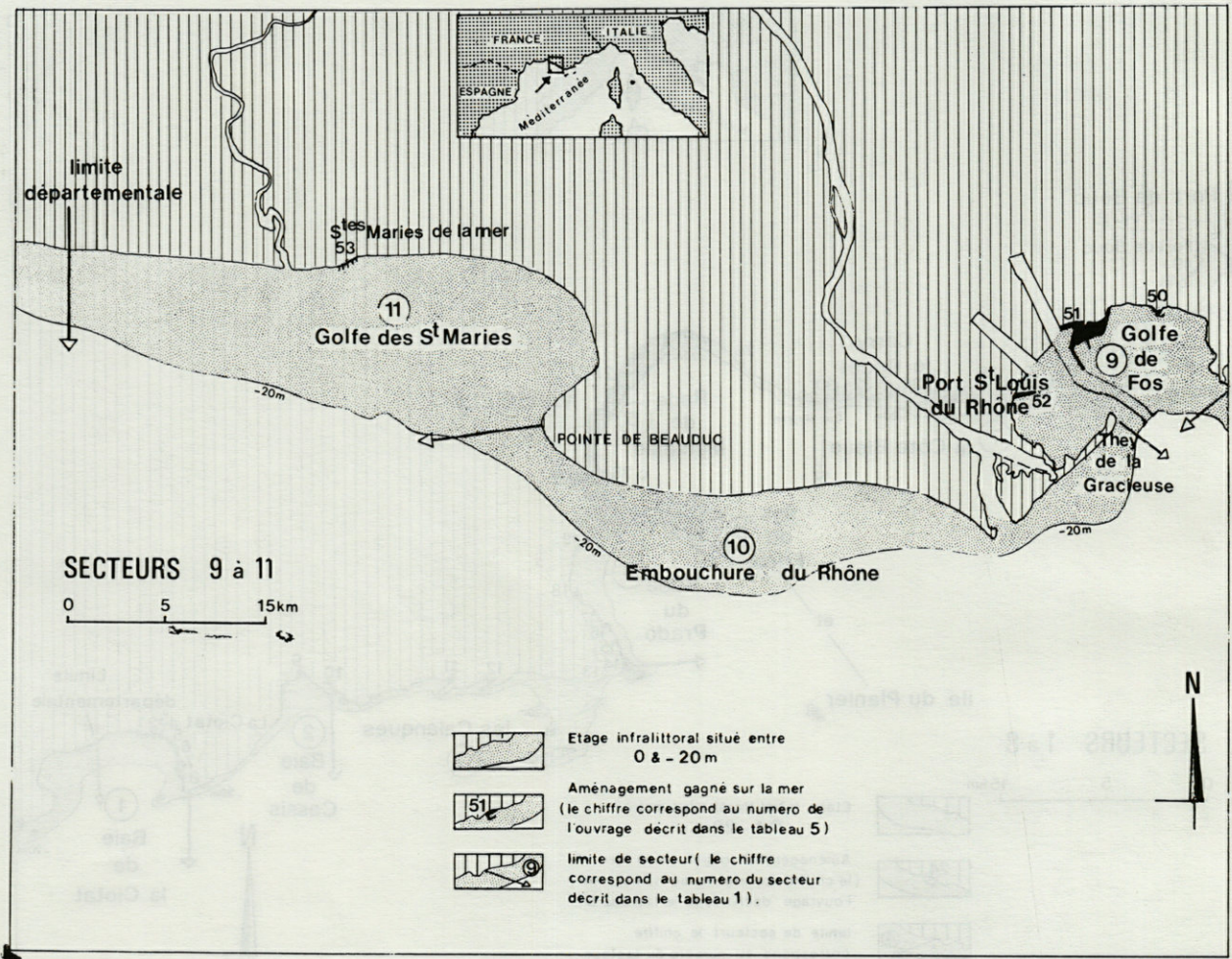


Fig. 2. - Localisation des secteurs et des aménagements de la côte sableuse de l'Ouest des Bouches-du-Rhône.
 Localisation of the districts and managements built upon the sea-bed on the sandy coasts in the West of Bouches-du-Rhône.

Tabl. III. - Côtes des Bouches-du-Rhône : linéaire du littoral (longueur de la côte initiale avant tout aménagement).
 Bouches-du-Rhône coasts : littoral length (initial coast length before any management).

No du	Dénomination	Echelle des cartes de référence	Linéaire (km)
1	Baie de la Ciotat	1/20000 ⁰	12,2
2	Baie de Cassis	1/20000 ⁰	13,5
3	Les Calanques	1/25000 ⁰	47,7
4	Rade du Prado	1/17000 ⁰	12,7
5	Iles du Frioul et Planier	1/17000 et 1/25000 ⁰	21,4
6	Rade de Marseille	1/17000 et 1/25000 ⁰	25,7
7	Côte Bleue	1/25000 ⁰	23,7
8	Ponteau	1/25000 ⁰	17,9
9	Golfe de Fos	1/25000 ⁰	31,2
10	Embouchure du Rhône	1/25000 ⁰	36,1
11	Golfe des Stes Maries	1/25000 ⁰	39,5
Total des Côtes des Bouches du Rhône (sur cartes au 1/17000 ⁰ et 1/25000 ⁰)			281,6 km
Dont :			
a - Côte rocheuse (de la Ciotat à Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)			174,8 km
b - Côte du delta du Rhône (de Fort de Bouc aux Stes Maries, secteurs 9 à 11)			106,8 km

Tabl. IV. - Côtes des Bouches-du-Rhône : surfaces et linéaires des aménagements construits sur la mer par secteurs.
 Bouches-du-Rhône coasts : surfaces and length of the managements built upon the sea-bed in each district.

No du secteur	Dénomination	Surfaces (en ha)			Linéaire (en km)
		Plan d'eau	Terre plein	Total	
1	Baie de la Ciotat	23,26	40,52	63,78	3,4
2	Baie de Cassis	3,38	2,41	5,79	0,56
3	Les Calanques	4,83	0,48	5,31	2,21
4	Rade du Prado	21,95	38,37	60,32	3,23
5	Iles du Frioul et Planier	23,91	2,20	26,11	1,65
6	Rade de Marseille	439,51	412,69	852,20	15,99
7	Côte Bleue	11,51	2,76	14,27	3,54
8	Ponteau	23,18	3,00	26,18	4,42
9	Golfe de Fos	80,69	170,61	251,30	9,00
10	Embouchure du Rhône	0	0	0	0
11	Golfe des Stes Maries	0	1,05	1,05	0,16
Total du Département		632,22 ha	674,09 ha	1306,31 ha	44,16 km
Dont :					
a - Aménagements sur la côte rocheuse (de la Ciotat à Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)		551,53 ha	502,43 ha	1053,96 ha	35 km
b - Aménagements sur la côte du Delta du Rhône (de Fort de Bouc aux Stes Maries, secteurs 9 à 11)		80,69 ha	171,66 ha	252,35 ha	9,16 km

Tabl. V. - Côtes des Bouches-du-Rhône : inventaire, surfaces et linéaires des aménagements gagnés sur la mer.
Bouches-du-Rhône coasts : inventory, surface-areas and length of the managements built upon the sea-bed.

No du secteur	Inventaire No, nom et commune	Surfaces (en ha)			Linéaire (km)	No du secteur	Inventaire No, nom et commune	Surfaces (en ha)			Linéaire (km)
		Plan d'eau	Terre plein	Total				Plan d'eau	Terre plein	Total	
1	1 - Terre-plein des Moulins (La Ciotat)	0	0,05	0,05	0,04	7	31 - Port de Figuière (Ensûs la Redonne)	0,42	0,18	0,60	0,17
1	2 - Port St Jean (La Ciotat)	0,51	0,47	0,98	0,15	7	32 - Port de la Redonne (Ensûs la Redonne)	0,66	0,21	0,87	0,21
1	3 - Plages alvéolaires est (La Ciotat)	1,25	1,70	2,95	0,52	7	33 - Port de la Madrague de Gignac (Ensûs la Redonne)	0,58	0,34	0,92	0,30
1	4 - Plages alvéolaires ouest (La Ciotat)	0,96	1,01	1,97	0,23	7	34 - Port du Rouet (Carry le Rouet)	0,37	0,30	0,67	0,14
1	5 - Port des Flots Bleus (La Ciotat)	0,31	0,18	0,49	0,09	7	35 - Abri de la Calanque du Cap Rousset (Carry le Rouet)	0,25	0,01	0,26	0,15
1	6 - Ports de plaisance de La Ciotat (La Ciotat)	4,21	4,73	8,94	0,65	7	36 - Port de Carry (Carry le Rouet)	3,05	0,67	3,72	0,55
1	7 - Terre plein du parking (La Ciotat)	0	1,47	1,47	0,2	7	37 - Digue de la Tuilière (Carry le Rouet)	0	0,01	0,01	0,05
1	8 - Port de Commerce et chantier naval (La Ciotat)	16,02	30,91	46,93	1,52	7	38 - Digue des Baumettes (Sausset les Pins)	0	0,02	0,02	0,05
2	9 - Port de Cassis (Cassis)	3,38	2,41	5,79	0,56	7	39 - Plage alvéolaire des Rives d'or (Sausset les Pins)	0,33	0,16	0,49	0,10
3	10 - Port Miou (Cassis)	3,78	0,15	3,93	1,4	7	40 - Port de Sausset les Pins (Sausset les Pins)	3,00	0,70	3,70	0,75
3	11 - Port de Morgiou (Marseille)	0,54	0,22	0,76	0,3	7	41 - Port des Tamaris (Martigues)	2,25	0,01	2,26	0,35
3	12 - Port de Sormiou (Marseille)	0,16	0,04	0,2	0,1	7	42 - Terre-plein de la Saulce (Martigues)	0	0,01	0,01	0,35
3	13 - Port de Callelongue (Marseille)	0,18	0,04	0,22	0,21	8	43 - Port de Carro (Martigues)	2,72	1,20	3,92	0,60
3	14 - Port des Croisettes (Marseille)	0,17	0,03	0,2	0,2	8	44 - Port Abri de l'Anse de Lauron (Martigues)	1,62	0	1,62	0,48
4	15 - Port des Goudes (Marseille)	1,68	0,64	2,32	0,43	8	45 - Port de la Centrale électrique de Ponteau (Martigues)	10,86	1,7	12,56	1,56
4	16 - Port de la Calanque de l'Escalette (Marseille)	0,22	0	0,22	0,22	8	46 - Port de la Calanque des Renaires (Martigues)	0,85	0,01	0,86	0,50
4	17 - Port de la Madrague de Montredon (Marseille)	0,66	0,52	1,18	0,27	8	47 - Port de Ponteau (Martigues)	2,81	0,02	2,83	0,52
4	18 - Port de la Pointe Rouge (Marseille)	8,09	12,96	21,05	0,84	8	48 - Anse d'Auguette (Martigues)	2,20	0,06	2,26	0,52
4	19 - Plages alvéolaires du Prado (Marseille)	10,92	23,47	34,39	1,27	8	49 - Ancien bassin Naphtachimie (Martigues)	2,12	0,01	2,13	0,24
4	20 - Plage alvéolaire et port du Prophète (Marseille)	0,38	0,78	1,16	0,2	9	50 - Port de St Gervais (Fos-sur-Mer)	4,38	2,80	7,18	0,32
5	21 - Port du Frioul (Marseille)	23,91	2,20	26,11	1,65	9	51 - Appontements des pétroliers (Fos-sur-Mer)	76,31	164,66	240,97	8,63
6	22 - Terre-plein du cercle des officiers de la Calanque de Malmousque (Marseille)	0	0,05	0,05	0,05	9	52 - Digue de Port St Louis (Port St Louis)	0	3,15	3,15	0,05
6	23 - Port de la Calanque de Malmousque Marseille	0,10	0	0,10	0,12	11	53 - Epis des Stes Maries (Stes Maries)	0	1,05	1,05	0,16
6	24 - Port du Vallon des Auffes (Marseille)	0,32	0,71	1,03	0,30						
6	25 - Digue des Catalans (Marseille)	0	0,4	0,4	0						
6	26 - Vieux Port de Marseille (Marseille)	23,57	0	23,57	2,1						
6	27 - Ports de Marseille (Marseille)	414,95	411,46	826,41	13,2						
6	28 - Port de la Calanque de Niolon (Marseille)	0,57	0,07	0,64	0,22						
7	29 - Port du Grand Méjean (Ensûs la Redonne)	0,24	0,10	0,34	0,17						
7	30 - Port du Petit Méjean (Ensûs la Redonne)	0,36	0,04	0,40	0,2						
Total : 53 aménagements gagnés sur la mer								632,22 ha	674,09 ha	1306,31 ha	44,16 km

Parmi ces 53 aménagements gagnés sur la mer, on peut distinguer :

- 20 ports abris (d'une surface inférieure à 2 ha)
- 15 ports (d'une surface supérieure à 2 ha)
- 5 plages alvéolaires
- 9 digues ou terre-pleins isolés (d'autres digues et terre-pleins peuvent être compris avec les autres aménagements)
- 2 bassins de décantation d'eaux usées
- 2 complexes portuaires de surface supérieure à 100 ha (ports de Marseille et Appontements des Pétroliers de Fos).

0 et - 10 m, 19 096 ha entre - 10 et - 20 m, soit 34 133 ha entre 0 et - 20 m). La surface des fonds comprise entre 0 et - 20 m de cette zone (34 133 ha) est plus importante que celle des petits fonds (0/ - 20 m) des côtes des Alpes-Maritimes (5 327 ha), du Var (20 431 ha) et de l'Est des côtes des Bouches-du-Rhône (5 715 ha) réunis (31 473 ha) ! Mis à part un herbier de

Posidonie de faible surface et très dégradé situé à l'Est du Golfe de Fos (entre la pointe Saint Gervais et le Cap d'Aiguade; Giraud 1980, carte n° 4), ces Phanérogames marines sont absentes dans toute cette zone.

L'impact des ouvrages gagnés sur la mer est très important sur la côte rocheuse du département (entre La Ciotat et Fort de Bouc, secteurs 1 à 8). Dans cette zone,

Tabl. VI. – Côtes des Bouches-du-Rhône : taux d'occupation de la surface de l'étage infralittoral (0 à -20 m) et du linéaire du littoral par les aménagements gagnés sur la mer.

Bouches-du-Rhône coasts : rates of the occupation of the infralittoral zone surface (between 0 and -20 m) and of the coastal length by the managements built upon the sea-bed.

No du secteur	Dénomination	Taux d'occupation			
		de l'étage infralittoral (surfaces)			du littoral (linéaire)
		0-10 m %	-10/-20 m %	0-20 m %	%
1	Baie de la Ciotat	23,08	0	12,12	27,87
2	Baie de Cassis	5,34	0	2,30	4,15
3	Les Calanques	3,54	0	0,92	4,63
4	Rade du Prado	14,51	0	6,47	25,43
5	Iles du Frioul et du Planier	18,03	0	8,90	7,71
6	Rade de Marseille	72,29	53,45	61,74	62,22
7	Côte Bleue	3,60	0	1,75	14,94
8	Ponteau	5,80	0	2,79	24,69
9	Golfe de Fos	7,44	0	4,84	28,85
10	Embouchure du Rhône	0	0	0	0
11	Golfe des Stes Maries	0,02	0	0,005	0,4
Ensemble du littoral des Bouches du Rhône		5,08	1,86	3,28	15,68
Dont :					
a - Littoral des côtes rocheuses (entre La Ciotat et Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)		25,12	13,06	18,44	20,02
b - Littoral du Delta du Rhône (entre Fort de Bouc et Stes Maries, secteurs 9 à 11)		1,68	0	0,74	8,57

48 aménagements représentent 1 054 ha, ils ont détruit ou profondément altéré :

- 25 % des petits fonds situés entre 0 et -10 m,
- 13 % des petits fonds situés entre -10 et -20 m
- 18,5 % des petits fonds situés entre 0 et -20 m.

La plus grande partie de cette destruction de l'étage infralittoral incombe aux constructions portuaires de Marseille qui représentent 411 ha de terre-pleins et 439 ha de plans d'eau. Ces ports construits il y a plus d'un siècle ont détruit un vaste herbier de Posidonie ainsi qu'une zone de pêche très productive (Marion, 1883; Gourret, 1894, p. 305-306).

Ainsi, dans toute cette zone la surface de l'étage infralittoral (0/-20 m) non aménagée est passée en 150 années de 5 715 ha à 4 661 ha.

Sur la côte Ouest du département (entre Fort de Bouc et Saintes-Maries; secteurs 9 à 11), où l'étendue des petits fonds est considérable, l'occupation des fonds par les aménagements gagnés sur la mer ne représente que 1,5 % des petits fonds situés entre 0 et -10 m et 0,7 % des fonds situés entre 0 et -20 m. Il convient cependant de signaler que ces aménagements sont concentrés dans le Golfe de Fos (secteur 9) qui a, par ailleurs, été profondément modifié par des dragages (555 ha de chenaux creusés et 170 ha de dépôts de dragages) dont nous n'avons pas tenu compte dans l'inventaire des aménagements gagnés sur la mer. L'impact de ces dragages a été décrit (Picard, 1978).

Au total pour tout le département, 53 ouvrages soit 1 306 ha ont été gagnés sur la mer. Cette surface comprend d'une part les digues et terre-pleins (674 ha) ainsi que les plans d'eau des ports (618 ha) ou des plages alvéolaires (14 ha). Dans ces plans d'eau le plus souvent pollués par l'activité humaine, la faune et la flore sous-marine ont toujours été modifiées sensiblement dans un sens dommageable (appauvrissement quantitatif et qualitatif) (Bellan, 1976).

Le linéaire du littoral (calculé sur des cartes d'une échelle comprise entre le 1/17 000 et le 1/25 000) s'élève à 281 km. Les 53 ouvrages inventoriés occupent 44 km, ce qui représente 15,5 % de ce littoral. Pour l'Est du département (entre La Ciotat et Fort de Bouc) on trouve 175 km de côte rocheuse dont 35 km ont été endigués (21 %). A l'Ouest du département on trouve 107 km de côte sableuse dont 9 km ont été endigués (8,5 %).

L'impact direct des 53 aménagements inventoriés sur les petits fonds est d'une part la destruction irréversible des zones recouvertes par les ouvrages (terre-pleins, digues, quais, etc...), et d'autre part un appauvrissement des zones transformées en plan d'eau portuaire. Notre étude permet d'évaluer l'ampleur de ces 2 dégradations. Cependant, l'impact d'un ouvrage sur la vie marine s'étend également à l'extérieur de la zone aménagée. Ces dégradations « secondaires » sont plus difficiles à évaluer. Citons en premier lieu les modifications hydrodynamiques et sédimentologiques entraînées par la création d'un ouvrage. Ces modifications peuvent provoquer soit l'érosion des herbiers de Posidonies, soit leur étouffement (Blanc, 1975; Blanc et Jeudy de Grissac, 1978). Des perturbations importantes peuvent même être notées immédiatement après la construction d'un ouvrage dans l'étage circalittoral périphérique (étude réalisée dans la Baie de La Ciotat par Picard et Bourcier, 1975). Dans certains cas, c'est la technique de construction de l'ouvrage qui est la cause de dégradations importantes au voisinage de l'aménagement (Astier, 1972; Astier, 1975; Nodot *et al.*, 1978). Parmi les différents ouvrages gagnés sur la mer, les ports provoquent à leur périphérie d'autres types de dégradation plus spécifiques. Leurs plans d'eau (618,38 ha sur les côtes des Bouches-du-Rhône) sont le réceptacle de pollutions variées liées à l'activité portuaire (déversements volontaires ou accidentels de détergents, d'huiles, d'hydrocarbures, dilution des peintures antisalissures à base de sels de mercure, d'étain, de cadmium et de cuivre notamment).

Toutes les eaux plus ou moins polluées contenues dans les bassins portuaires se diluent à l'extérieur et atteignent ainsi les biocénoses environnantes. Un impact plus indirect est induit par la récente augmentation du nombre de ports de plaisance. Cette forte augmentation de la capacité d'accueil en bateaux a entraîné une plus grande fréquentation des zones de mouillages périphériques. Or ces mouillages sont peu nombreux, ils accueillent ainsi de plus en plus de plaisanciers qui y séjournent souvent plusieurs jours. Dans ces zones, la seule action physique des systèmes d'ancrage des ba-

teux peut provoquer des régressions de l'herbier de Posidonies.

L'ensemble de ces impacts secondaires ressentis à l'extérieur des ouvrages reste difficile à évaluer, surtout en l'absence de cartographie précise des biocénoses, avant et après la construction des aménagements.

CONCLUSION

Notre étude donne les surfaces de l'étage infralittoral des Bouches-du-Rhône (39 847 ha entre 0 et -20 m) et celles de tous les ouvrages gagnés sur la mer inventoriés entre La Ciotat et Saintes-Maries (53 ouvrages = 1 306 ha).

L'impact de ces ouvrages est plus particulièrement ressenti sur les côtes rocheuses situées à l'Est de ce département (de La Ciotat à Fort de Bouc), où 48 ouvrages représentant 1 054 ha ont été construits sur des petits fonds qui ne s'étendaient que sur 5 715 ha (0-20 m), ce qui représente une destruction de 25% des petits fonds entre 0 et -10 m et 18,5% entre 0 et -20 m. Ces résultats mettent en évidence l'exiguïté de l'étage infralittoral où vit la plus grande partie des espèces benthiques littorales.

Ainsi l'importante destruction des petits fonds des côtes rocheuses des Bouches-du-Rhône, imputable au cumul des multiples aménagements gagnés sur la mer depuis plus d'un siècle, a réduit notablement et à jamais la surface des fonds où la vie marine benthique est très riche. Dans l'avenir il faudra considérer que chaque aménagement supplémentaire augmentera encore cette dégradation irréversible du milieu qui doit être considérée avec autant d'attention que les autres nuisances (rejets industriels et urbains) qui s'exercent sur les mêmes biocénoses.

REMERCIEMENTS. — Nous remercions M. A. Candella qui a réalisé le dessin des cartes, ainsi que les services techniques des administrations et collectivités locales du département des Bouches-du-Rhône qui nous ont permis d'utiliser les documents cartographiques des ouvrages réalisés sur le domaine maritime.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTIER, J.M., 1972. Régression de l'herbier de Posidonies en rade des Vignettes à Toulon. *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon, Var*, **24** : 97-103.
- ASTIER, J.M., 1975. Cartographie des fonds marins de la région de Toulon par le groupe « ECOMAIR ». *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon, Var*, **27** : 120-132.
- BELLAN, G., 1976. Recherches biologiques dans les grands ensembles portuaires : leurs enseignements. *Trav. Rot. intern.* : « *La biologia marina per la difesa e per la produttività del mare* », Livorno, 20-21 ; Maggio, 1974, 31-49.

- BLANC, J.J., 1975. Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Document ronéotypé édité par l'auteur et le C.N.E.X.O., 163 p.
- BLANC, J.J. et A. JEUDY de GRISSAC, 1978. Recherches de Géologie sédimentaire sur les herbiers de Posidonies du littoral de la Provence. Document ronéotypé édité par les auteurs et le Centre National pour l'Exploitation des Océans, 185 p.
- CRISTIANI, G., 1980. Biomasse et répartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Côte Bleue (B-d-Rh. France) et pollution marine par les métaux lourds. Thèse 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille, Faculté des Sciences et techniques Saint Jérôme, 150 p., 1 carte.
- GAILLANDE (De), D., 1968. Monographie des peuplements benthiques d'une calanque des côtes de Provence : Port Miou. *Rec. Trav. Stn. Mar. End.*, **60** (44) : 257-388.
- GIRAUD, G., 1980. Synthèse cartographique des herbiers de Posidonies (*Posidonia oceanica*) entre Fos-sur-mer et la rade d'Hyères, rapport édité par la DCAN et l'Université d'Aix-Marseille 2-Luminy, 16 p., 20 cartes.
- GOURRET, P., 1894. Provence des pêcheurs. Réimpression Ed. Serre 1981, 359 p.
- HARMELIN, J.G. et M.A. TRUE, 1964. Délimitation cartographique de l'extension actuelle des herbiers de *Posidonia oceanica* (Delille) dans le Golfe de Marseille. *Rec. trav. St. Mar. Endoume*, **34** (50) : 157-160.
- MARION, A.F., 1883. Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Ann. Mus. Hist. Nat. (Zool.) Marseille*, **1** (1) : 7-108.
- MEINESZ, A. et J.R. LEFÈVRE, 1978. Destruction de l'étage infralittoral des Alpes-Maritimes (France) et de Monaco par les restructurations du rivage. *Bull. Ecol.*, **9** (3) : 259-276.
- MEINESZ, A., J.M. ASTIER et J.R. LEFÈVRE, 1981. Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var (France) (Méditerranée Occidentale). *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, **57** (2) : 65-77.
- NODOT, C., J.M. ASTIER, P. TAILLIEZ et J. TINE, 1978 : Etude d'impact des aménagements littoraux du Mourillon sur l'herbier de *Posidonia oceanica* de la rade des Vignettes (Toulon-Var). *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon, Var*, **30** : 118-133.
- PICARD, J., 1978. Impact sur le benthos marin de quelques grands types de nuisances liées à l'évolution des complexes urbains et industriels de la Provence occidentale. *Océanis*, **4** (3) : 214-251.
- PICARD, J. et M. BOURCIER, 1975. Evolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de La Ciotat entre 1954 et 1972. *Téthys*, **7** (2-3) : 213-222.

CARTES UTILISÉES

- Cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.M. et S.H.O.M.).
- * N° 6612 De Cassis à Bandol, « Baie de La Ciotat », 1/20 000, dernière correction 1977.
- * N° 5200 Baie de La Ciotat, 1/14 400, dernière correction 1969.
- * N° 5190 Golfe de Marseille, 1/25 000, dernière correction, 1978.
- * N° 6739 Golfe de Marseille, 1/17 000, dernière correction 1981.

- * N° 6423 Du phare Faraman au Cap Méjean, 1/49 878, dernière correction 1977.
 - * N° 6684 Port de Bouc - Fos, 1/25 000, dernière correction 1981.
 - * N° 5034 Golfe de Fos, 1/25 000, dernière correction 1962.
 - * N° 5116 Des Saintes-Maries à Saint-Louis du Rhône, 1/49 900, dernière correction 1977.
 - * 5150 De Palavas aux Saintes Maries, 1/49 785, dernière correction 1977.
- Cartes de l'Institut Géographique National (I.G.N.)
- * Aubagne 5-6, 1/25 000, Edition 1970.
 - * Marseille 1-2, 1/25 000, Edition 1972.
 - * Marseille 3-4, 1/25 000, Edition 1970.
 - * Istres 7-8, 1/25 000, Edition 1975.
 - * Istres 9-10, 1/25 000, Edition 1975.
 - * Istres 11-12, 1/25 000, Edition 1972.
 - * Saintes-Maries 7-8, 1/25 000, Edition 1972.
 - * Saintes-Maries 5-6, 1/25 000, Edition 1972.

- Cartes et plans divers

- * Carte publiée par ordre du Roi n° 979 Presqu'île de Giens ou Bec de l'aigle, 1/50 000, Edition de 1839 dernière correction 1879
- * Parages de Marseille année 1819 (enregistrée sous le n° 7135 au Musée de la Marine de Marseille)
- * Carte du port de Marseille et de ses environs levé par ordre du Roi, Année 1841, 1/10 000
- * Plans des services de la direction départementale de l'Équipement.
Echelle entre le 1/500 et le 1/5 000 : 26 plans représentant les ouvrages suivants (numéros de référence des aménagements du tableau V) 2, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 40, 43, 50.
- * Plans de services techniques des Municipalités littorales des ports.
Echelle entre le 1/500 et le 1/10 000.
12 plans représentant les ouvrages suivants (numéros de référence des aménagements du tableau V) 3, 4, 6, 7, 8, 19, 26, 27, 51, 52, 53.

CARTES ET PLANS

Cartes de l'Institut Géographique National (I.G.N.)

- * N° 6423 Du phare Faraman au Cap Méjean, 1/49 878, dernière correction 1977.
- * N° 6684 Port de Bouc - Fos, 1/25 000, dernière correction 1981.
- * N° 5034 Golfe de Fos, 1/25 000, dernière correction 1962.
- * N° 5116 Des Saintes-Maries à Saint-Louis du Rhône, 1/49 900, dernière correction 1977.
- * N° 5150 De Palavas aux Saintes Maries, 1/49 785, dernière correction 1977.

BIBLIOPHILIE

ASTIER, J.M. 1971. Recherches de l'histoire de l'équipement en matière de ports de l'estuaire du Rhône. Thèse de doctorat, Université de Marseille, 202 p.

ASTIER, J.M. 1975. Contribution des plans marins de la région de l'estuaire du Rhône à l'histoire de l'équipement des ports littoraux. Thèse de doctorat, Université de Marseille, 202 p.

BODOY, A. 1976. Recherches géographiques dans les estuaires de l'estuaire du Rhône. Thèse de doctorat, Université de Marseille, 202 p.

BURROWING HABITS AND SUBSTRATE SELECTION IN ULTRAPSAMMOPHILOUS TENEBRIONID BEETLES OF THE NAMIB DESERT

Y. COINEAU (1), N. LANCASTER (2), R. PRODON (3),
and M.K. SEELY (2)

(1) Laboratoire de Zoologie des Arthropodes,
Muséum National d'Histoire Naturelle,
61, rue de Buffon, F-75231 Paris Cedex 05

(2) Desert Ecological Research Unit.,
P.O. Box 953, Walvis Bay 9190, SWA-Namibia
(3) Laboratoire Arago, F-66650 Banyuls-sur-Mer

TÉNEBRIONIDES
CHOIX D'UN SUBSTRAT
COMPOTEMENT FOUISSEUR
DÉSERT DU NAMIB

TENEBRIONIDS
SUBSTRATE SELECTION
BURROWING HABITS
NAMIB DESERT

RÉSUMÉ. — Les Ténébrionides du genre *Lepidochora* sont des fousseurs hyperpsammophiles des dunes de sable du désert du Namib. *L. discoidalis* est surtout confiné sur les pentes sous le vent (avalancheuses) des dunes, où s'accumulent les débris végétaux transportés par le vent, et où se trouve le sable le plus fin (0,125 à 0,180 mm), le mieux trié et le plus meuble. Toutefois, dans les expériences de choix effectuées au laboratoire avec des sables tamisés, *L. discoidalis* s'enfouit de préférence dans du sable de 0,045 à 0,090 mm. Il y a donc un désaccord entre ce preferendum mesuré expérimentalement et la granulométrie du sable naturel. Le choix d'un substrat pour l'enfouissement se fait vraisemblablement sur critère mécanique.

ABSTRACT. — The Tenebrionids of the genus *Lepidochora* are ultrapsammophilous diggers living in the sand dune of the Namib Desert. *L. discoidalis* is mainly confined to the leeward slopes (slip-faces) of the dunes. Here wind-blown vegetable detritus accumulates, and the finest (0.125 to 0.180 mm), the best sorted and the least compact sand is to be found. However, in multichoice experiments carried out in the laboratory with artificially sorted sands, *L. discoidalis* is found to prefer digging in 0.045 to 0.090 mm sand. Thus there is a discrepancy between this experimental grain-size preferendum, and the sand naturally available in the dune environment. The substrate selection is very likely to be based mainly on mechanical criteria.

INTRODUCTION

The Namib is a cool, coastal desert on the south-western coast of Africa. A long, narrow dune field extends south from the vicinity of the Curoca River in Angola to the southern border of SWA/Namibia at the Orange River.

Tenebrionid beetles form a conspicuous part of an unusually diverse endemic fauna occupying this desert. They are dependant on fog as a major source of moisture (Seely, 1978, 1979) and use wind-blown plant

detritus as their main energy source (Koch, 1961, Seely, 1978). Species of *Lepidochora* are found throughout the dune field of the Namib (Koch, 1962 and pers. obs.) and form an important component of its crepuscular to nocturnal fauna.

Lepidochora discoidalis Gebien (Syn. *L. argentogrisea* Koch) is the most common species of this genus in the southern dune ecosystem and consequently aspects of its biology have received considerable attention. Kuhnelt (1969) and Louw and Hamilton (1972) considered activity rhythms and their relation to temperature, Louw and Hamilton (1972) also considered metabolic rate,

nutrition and digestion. Its unique fog-water uptake behaviour has been investigated (Seely and Hamilton, 1976; Seely, 1979; Seely *et al.*, in press), while recently the cuticular lipids of *L. discoidalis* have been described and their effect on water loss discussed. In this paper we discuss aspects of the digging behaviour of *L. discoidalis* and *L. Kahani* Koch and relate these to the ecology of the dunes of the Namib desert.

DUNE TRANSECT AND LOCALIZATION OF THE *LEPIDOCHORA* IN THE FIELD

The slope of a typical dune is about 5° on the plinth, increasing to 15-20° in the windward side of the crest (Fig. 1a). The angle of repose at about 32° is reached in the slip-face, where "the avalanching of sand takes place in a series of overlapping lobes" (Lancaster, 1981). On each dune, there is a decrease in mean and modal grain size from the base to the crest, with the finer sand on the slip face (Fig. 1b). In accordance with Lancaster's observations, several populations of sand grains can be observed: a coarser population at the base of the dunes has a prominent mode of about 0,355 mm. A finer population prevails in the upper part of the dune with a mode between 0,125 and 0,180 mm. The samples taken near the interdune corridor show a secondary mode near 0,090 mm which perhaps corresponds to a third sand grain population.

The variations of the sorting index show clearly that the best sorted sand is to be found on the slip-face and the least sorted on the interdune (Fig. 1c). The substrate compactness, measured with a penetrometer, is minimal on the unstable slip-face and maximal on the plinth and above all on the windward side of the crest (wind compaction) (Fig. 1d). Due to a decrease of wind speed behind the dune, dry wind-blown plant detritus accumulate in the form of cushions on the lee slope at the base of the uncompacted slip-face (Fig. 1f). This wind blown plant detritus also accumulates, however, at the base of the perennial vegetation which occurs patchily on the dune slope, where sand is gently sloping and relatively stable.

Lepidochora discoidalis and *L. kahani* are species primarily of the slip-face and avalanche base habitat. They are considered psammophilic diggers "swimming" through the uncompacted sand medium. These species are entirely substrate dependant and show extensive adaptations for occupation of this uncompacted substrate. *L. discoidalis* are somewhat more crepuscular than *L. kahani* but may be active in strong winds before sunset or long after sunrise on slip-faces which are in shadow. They occupy the active slip-face often apparently foraging on detritus as it is being distributed by wind. *L. kahani* are somewhat larger and almost entirely nocturnal during periods of slip-face activity. They forage on the more compact sand in the vicinity of the avalanche base or at the mats of detritus which accumulate there (Fig. 1g and h).

MORPHOLOGICAL FEATURES OF *LEPIDOCHORA* TENEBRIONIDS

The Tenebrionids of the genus *Lepidochora* typically have a discoidal shape, while the body becomes progressively thinner at its periphery. This shape facilitates penetration into the sand as well as change of direction within the substrate. The body surface is entirely covered with flattened recumbent setae. This covering is very dense in *L. discoidalis* providing its typical grey colour (Fig. 2a). It is suggested that these scales protect the tegument from sand abrasion, while the longer setae protect the articulation between the pro- and mesothorax against the intrusion of sand grains (Fig. 2b). The long bristles found under the outer margin of the elytra seem to keep the sand from the ventral side of the animal when it burrows, without hampering the movements of the tibiae and tarsi. In this way, the margins of the pronotum and of the elytra shelter the movements of the legs, as the sand is moved backwards during burrowing.

The fore-legs are relatively short; the broad extremities of their tibiae bear short but strong spurs (Fig. 3c). The middle and specially the hind-legs are longer; the tibial spurs are very long, digitated and spatula-shaped; the tarsal claws are long and slightly curved (Fig. 3d).

All these characters clearly represent adaptations for digging; the division of labour between the fore-legs scraping the substrate, and the middle- and hind-legs sweeping the sand backward and pushing the body forward is typical. The general shape of the body is, according to Medvedev (1965), characteristic of beetles "swimming" in the sand (i.e. digging without constructing burrows): a streamlined and "drop-shaped" body, the pronotum merging smoothly with the elytra, a small head withdrawn into the thorax so that the eyes are protected by the anterior pronotal angles, prothorax and mesothorax broadly and tightly joined...

DIGGING HABITS

When the animal begins to burrow, the fore-legs, which are stretched sideways when walking, are brought back under the body, and excavate the sand under the head and the prothorax (Fig. 3a). The articulation between the pro- and mesothorax bends as the head is brought into the depression excavated by the fore-legs and, as a result of the action of the middle and hind-legs, the head then penetrates the sand. The antennae are drawn back under the lateral expansions of the prothorax. As is also observed during walking, the legs of a same pair move synchronously in the opposite direction, one forward, the other backward (occasionally, the fore-legs act simultaneously to pull the body forward). There is no strict synchronism between the fore- and hind-legs of one side and the middle leg of the opposite side, although the fore-leg of one side usually reaches its hindmost position just after the middle leg of

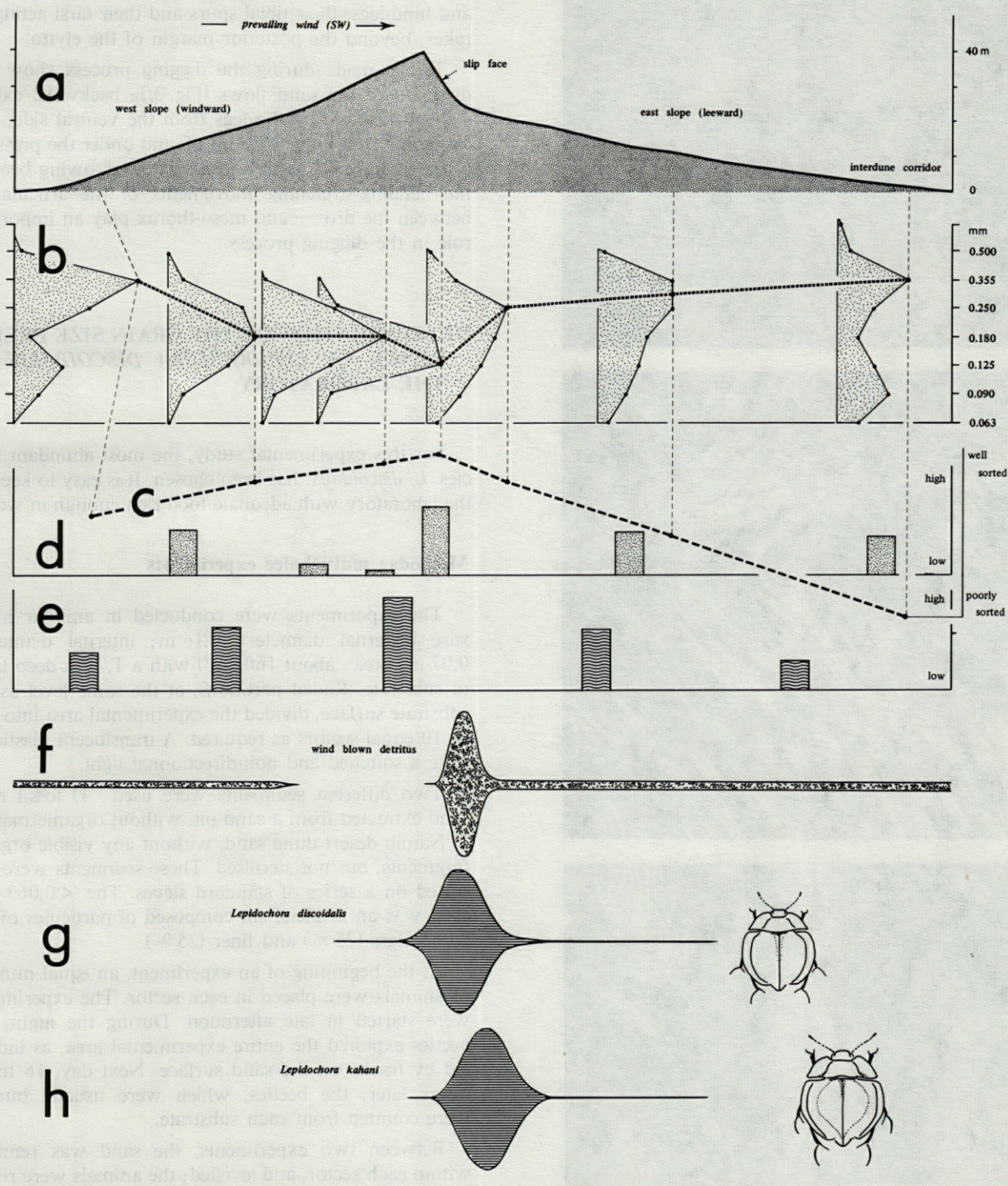
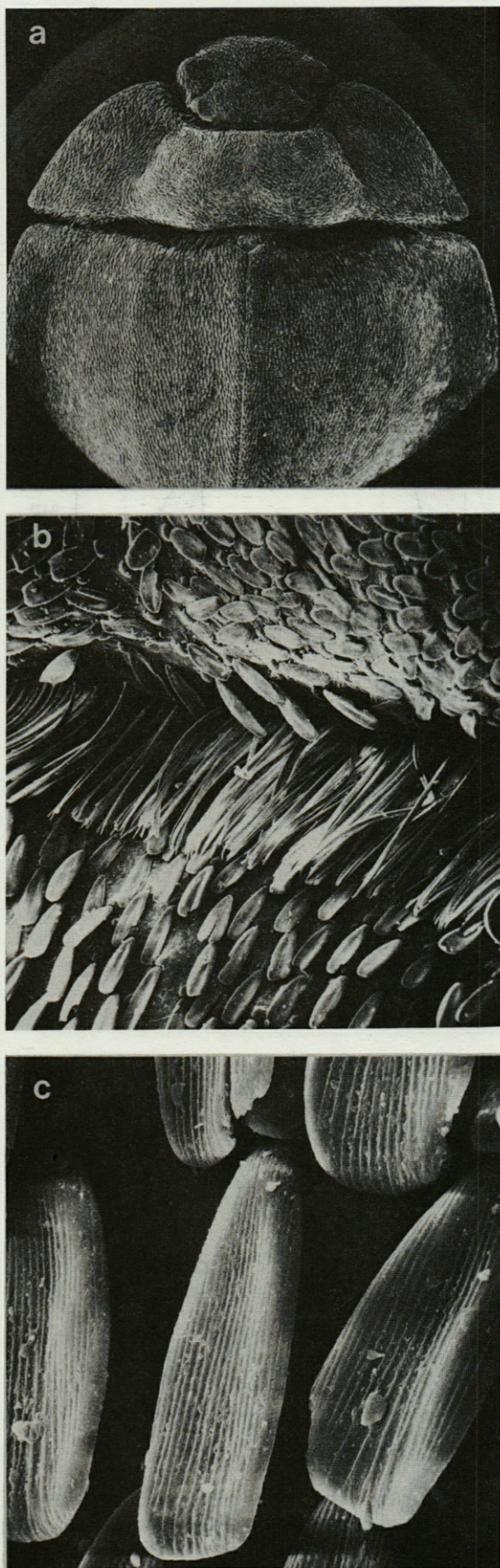


Fig. 1. - Diagram showing schematically the variations of some ecological parameters along a dune profile. a, Dune profile; b, Grain - size frequency distributions; c, Variation of TRASK's sorting index; d, Relative penetrability of the dune surface; e, fog water precipitations; f, Distribution of wind-blown detritus; g, Distribution of *Lepidochora discoidalis*; h, Distribution of *L. Kahani*.



the same side has reached its foremost position. The rhythm of the hind-legs is somewhat slower. The fore-legs dig the sand and pull it within reach of the middle legs. The sand is then moved backwards by the middle and hind-legs, their tibial spurs and their tarsi acting as rakes, beyond the posterior margin of the elytra.

Tracks made during the digging process show the direction of the sand flows (Fig. 3f): backward expulsion of the sand by the legs from the ventral side, and formation of a bulge in front of, and under the pressure of the prothorax. As in a number of burrowing beetles, the bending-stretching movements of the articulation between the pro- and meso-thorax play an important role in the digging process.

DETERMINATION OF THE GRAIN SIZE PREFERENCE OF *LEPIDOCHORA DISCOIDALIS* IN THE LABORATORY

For this experimental study, the most abundant species, *L. discoidalis*, has been chosen. It is easy to keep in the laboratory with adequate food rich enough in water.

Methods: multichoice experiments

The experiments were conducted in annular inclosure (external diameter: 0,16 m; internal diameter: 0,07 m; area: about 160 cm²) with a 1,7 cm deep layer of substrate. Radial partitions, at the same level as the substrate surface, divided the experimental area into 3, 4 or 10 equal sectors as required. A translucent plastic lid gave a softened and non-directionnal light.

Two different sediments were used: 1) fossil river sand extracted from a sand pit, without organic matter; 2) Namib desert dune sand, without any visible organic fragments, but not sterilised. These sediments were dry sorted on a series of standard sieves. The <0,063 mm class was an artificial silt composed of particules of the 0,063 class (75 %) and finer (25 %).

At the beginning of an experiment, an equal number of animals were placed in each sector. The experiments were started in late afternoon. During the night, the beetles explored the entire experimental area, as indicated by tracks on the sand surface. Next day, 16 to 24 hours later, the beetles, which were usually buried, were counted from each substrate.

Between two experiments, the sand was remixed within each sector, and levelled; the animals were returned to a terrarium with fresh food and a new group

Fig. 2. - a, Dorsal view of the anterior half of the body (scanning electron microscope photo); b, Setae protecting the articulation between pro- and mesothorax ($\times 85$); c, Detail of setae on the elytra ($\times 628$).

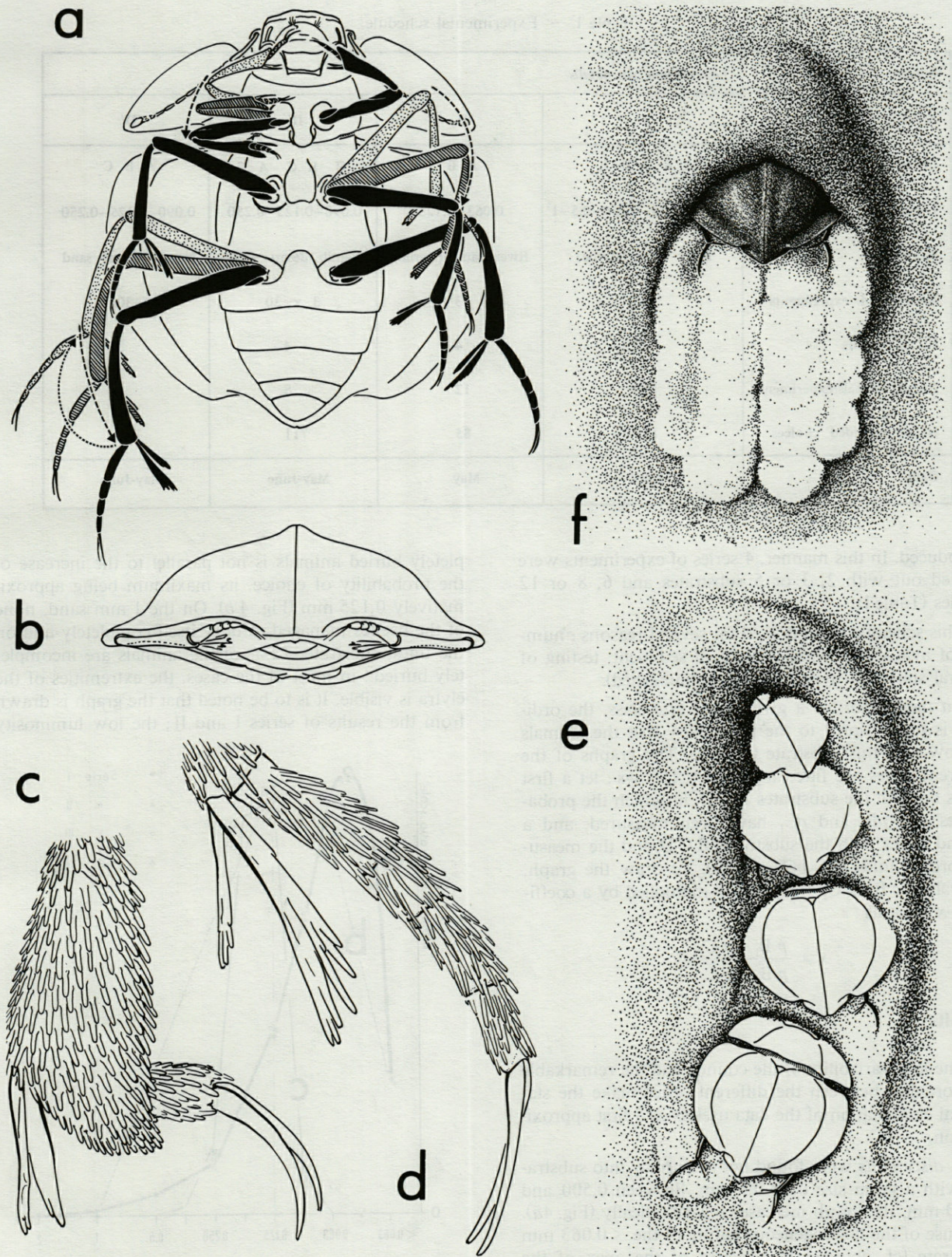


Fig. 3. - a, Positions of the legs of *Lepidochora kahani* during digging, drawn from film and from life ($\times 5.8$). b, Posterior view of *L. discoidalis*; the following figures refer to this species ($\times 7.8$). c, d, Tarsi and tibial extremities of the fore (c) and middle (d) legs ($\times 40$). e, Successives stages of digging. f, Tracks after digging (illustrated by using white sand covered by a thin layer of dark sand).

Table I. - Experimental schedule.

Species	<i>Lepidochora discoidalis</i>			
Series	I	II	III	IV
Choice combination	A B C D E	A B	A B B C A C	A B C
Grain size classes (mm)	<0.063-0.125-0.250-0.5-1	0.063-0.125	0.090-0.125-0.250	0.090-0.125-0.250
Substrate	River sand (sterile)	River sand (sterile)	Namib desert sand	Namib desert sand
Number of experiments	16	13	3 x 30	30
N. of sectors	10	4	4	3
N. of animals/experiment	10	12	8	6
N. of recorded choices	141	85	711	180
Date	April	May	May-June	May-June

introduced. In this manner, 4 series of experiments were carried out with 2, 3 or 5 substrates and 6, 8 or 12 beetles (Table I).

This schedule was adopted for several reasons : number of available beetles, volume of sediment, testing of several statistical hypothesis (to be published).

On the graph, for a given grain size class, the ordinate is proportional to the probability that the animals burrow into this substrate (Fig. 4a). The graphs of the different series are fitted together as follows : let a first series be with the substrates A B C, in which the probabilities p_A , p_{B_1} and p_{C_1} have been measured, and a second series with the substrates B C D and the measured probabilities p_{B_2} , p_{C_2} and p_D . To draw the graph, the values p_{B_2} , p_{C_2} and p_D are multiplied by a coefficient x such as :

$$x = \frac{p_{B_1} + p_{C_1}}{p_{B_2} + p_{C_2}}$$

Results

The low variability of the counts, and the remarkable concordance between the different series make the statistical examination of the data useless as a first approximation.

L. discoidalis were found not to burrow into substrates with a grain size over 0,5 mm. Between 0,500 and 0,090 mm, the graph increases logarithmically (Fig. 4a). Because of the heterogeneous nature of the <0.063 mm substrate (cf. above), the abscissa of the apex of the graph is not known, but estimated to be about 45 μ m. The fact remains that the probability of choice decreases with the finest substrates.

Unexpectedly, the increase of the ratio : number of completely buried animals/n. of completely and incom-

pletely buried animals is not parallel to the increase of the probability of choice, its maximum being approximately 0,125 mm (Fig. 4 b). On the 1 mm sand, none of the beetles managed to bury itself completely and on the finest substrate, 72 % of the animals are incompletely buried : in most of the cases, the extremities of the elytra is visible. It is to be noted that the graph is drawn from the results of series I and II ; the low luminosity

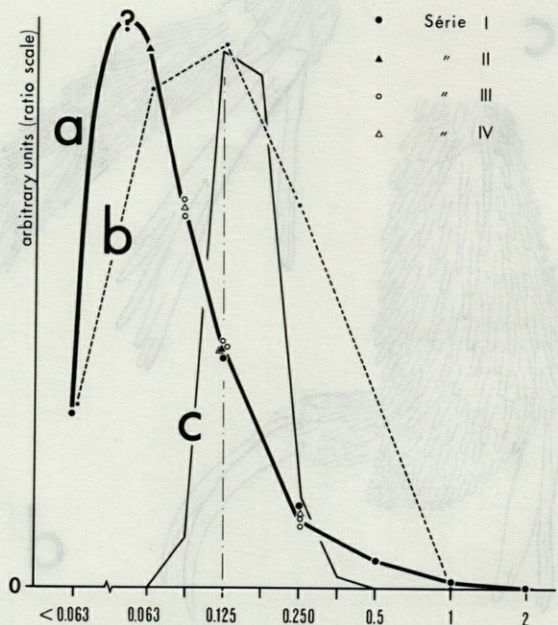


Fig. 4. - a, Grain size-preference graph calculated from the results of 4 series of choice experiments with *L. discoidalis* (ordinate : probability of occurrence in a given substrate). b, Percentage of completely buried beetles (86 % on $\theta = 0.125$ mm). c, Grain size-frequency distribution of the slip-face sand (cf. also Fig. 1b).

and the relatively low temperature may have resulted in the high number of incompletely buried animals. In series III and IV, in which the luminosity and temperature were higher, the percentage of beetles which were not completely buried was negligible.

A small number of eggs were laid during series III and IV. They were distributed as follows: 0% on the 0.250 mm sand, 80% on the 0.125 mm sand, and 20% on the 0.090 mm sand.

DISCUSSION

On the dune transect (Fig. 1), the *Lepidochora* are located on the slip-face, i.e. the area where the finest and least compact sand is, and where the wind blown organic detritus accumulate. The fact that it is the most suitable area both for burrowing and for feeding is a remarkable coincidence.

But, if we look more closely at the particle-size distribution graphs of the dune sand of the slip-face (Fig. 1b and Fig. 4c), it appears that the mode is between 0.125 and 0.180 mm. Thus there seems to be a difference between the preference of *L. discoidalis* in the laboratory, and the priming grain size of the natural substrate. The beetles occupy a habitat where the sand particles are about three times as large as those selected in the laboratory. Thus, the adaptation of *L. discoidalis* to his natural substrate could, for digging, be considered only sub-optimal.

However, we must note that:

- the natural dune sands have some sand finer than 0.125 mm; this very fine sand, although not important quantitatively, may make the sediment easier to burrow.

- in the experiments of series I and II, the greater number of completely buried animals was not in the 0.063 mm class, but in the 0.125 mm class. The sands finer than 0.090 may pose a problem of respiration to the beetles because of slower diffusion of the gas between the grains.

- in the 0.090 - 0.125 - 0.250 experiments, the greater number of eggs could be expected in the finest sand; but actually it is to be found in the 0.125 mm; this may be the result of a tactile selection by the ovipositor.

These considerations may help to explain the observed difference between the grain size preferendum in the laboratory and the measurements in the field. The adaptation of *L. discoidalis* to its substrate is a compromise between several selective pressures, some of which

are contradictory (Prodon, 1976): the least effort, i.e. the least energy invested in burrowing, the necessities of respiration, the search for food, requirements of egg-laying, etc. The preferendum, which is the result of these various requirements, corresponds to substrates which are to be found in strictly limited areas, i.e. the slip-faces of sand dunes.

ACKNOWLEDGMENTS. - The permission to conduct this study given by the Nature Conservation Department of Windhoek is gratefully acknowledged. This work was supported by the C.S.I.R. and the Transvaal Museum (M.K.S.) and has been made possible by the help of the Ministère des Relations Extérieures, to whom we extend our special thanks (Y.C.). We also thank Mme Dehli Guillaumin (Laboratoire d'Evolution des Etres organisés, Université Paris 6) for the S.E.M. photographs, Régis Cleva (Laboratoire de Zoologie des Arthropodes, Muséum National d'Histoire Naturelle), Jean-Pierre Clara and Jean Lecomte (Laboratoire Arago) for technical assistance.

REFERENCES

- KOCH, C., 1961. Some aspects of abundant life in the vegetationless sand of the Namib Desert dunes. *Scient. Pap. Namib Desert Res. Stn.*, n° 1.
- KOCH, C., 1962. The tenebrionidae of Southern Africa, XXXII, New psammophilous species from the Namib Desert. *Scient. Pap. Namib Desert Res. Stn.*, n° 6.
- KÜHNELT, G., 1969. On the biology and temperature accommodation of *Lepidochora argentogrisea* Koch (Col. Tenebrionidae). *Scient. Pap. Namib Desert Res. Stn.*, n° 51.
- LANCASTER, N., 1981. Grain size characteristics of Namib Desert linear dunes. *Sedimentology*, 28: 115-122.
- LOUW, G.N. and W.J. III, HAMILTON, 1972. Physiological and behavioural ecology of the ultrapsammophilous Namib Desert tenebrionid *Lepidochora argentogrisea*. *Madoqua* (ser. 2), 1 (54-62): 87-95.
- MEDVEDEV, G.S., 1965. Adaptations of leg structure in desert darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae). *Entomological Review*, 44: 473-485.
- PRODON, R., 1976. Le substrat, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique: observations et expériences sur les larves de *Micropterna testacea* et *Cordulegaster annulatus*. Thèse de spécialité, Univ. Lyon I.
- SEELY, M.K., 1978. The Namib Dune Desert: an unusual ecosystem. *J. Arid Environments*, 1: 117-128.
- SEELY, M.K., 1979. Irregular fog as a water source for desert dune beetles. *Oecologia*, 42.
- SEELY, M.K. and W.J. III, HAMILTON, 1976. Fog catchment sand trenches constructed by tenebrionid beetles, *Lepidochora*, from the Namib Desert. *Science*, 193: 484-486.

ATLAS DEL ZOOPLANCTON DEL ATLANTICO SUD OCCIDENTAL Y MÉTODOS DE TRABAJO CON EL ZOOPLANCTON MARINO. Demetrio Boltovskoy ed., INIDER, Mar del Plata, Argentina, 1981.

(Atlas du zooplancton marin de l'Atlantique sud-occidentale et des méthodes de travail)

Cet ouvrage comporte 936 pages de texte et de tableaux, figures et diagrammes. Il est l'œuvre collective de divers spécialistes du plancton de renommée mondiale qui se sont particulièrement intéressés aux différentes catégories du zooplancton (des Protozoaires à l'Ichthyoplancton) du secteur atlantique de l'Amérique du Sud depuis l'Equateur jusqu'à l'Antarctique. Le livre est divisé en trois parties.

La première concerne les appareils et les méthodes de prélèvements les plus utilisés avec de nombreuses figures et les références bibliographiques essentielles. La partie concernant le traitement des échantillons est particulièrement intéressante et sa portée générale permet de compléter certains chapitres d'ouvrages destinés à l'enseignement de l'écologie marine.

Au total 215 pages sont consacrées aux divers aspects de la méthodologie.

La seconde partie du volume traite des particularités hydrologiques de la partie ouest de l'Atlantique Sud, comprise de l'embouchure de l'Amazone jusqu'à la péninsule antarctique et délimitée vers le large par la longitude 28 ° W. Au diagramme des principales masses d'eau peuvent être surimposées les principales aires de répartition des espèces les plus caractéristiques. Cette partie qui ne comporte qu'une trentaine de pages et demeure assez générale se trouve parfois reprise dans des chapitres plus spécifiques.

La troisième partie est la plus importante, et traite de la reconnaissance des principales espèces susceptibles d'être rencontrées dans le plancton de ces régions. Un rappel sommaire de la morphologie, de l'anatomie et de la terminologie usitée pour chacun des groupes abordés

ANALYSES D'OUVRAGES

(des Protozoaires aux œufs et larves de Poissons) précède une clé d'identification des formes. Celle-ci s'appuie sur de très nombreux dessins, parfois originaux. Pour de nombreuses espèces, diverses données d'ordre biologique sont indiquées et concernent outre des caractéristiques morphologiques et anatomiques, la répartition géographique, la répartition bathymétrique, le développement, la reproduction, la nutrition. Un effort tout particulier a été porté à la présentation des taxons cités du point de vue de la nomenclature.

Enfin, soixante douze pages de références bibliographiques terminent cette « faune régionale ». Leur choix aurait mérité d'être mieux pensé et peut être de suivre chacun des chapitres relatifs aux divers groupes.

Claude RAZOULS

REINBOTH, R. (1975) « INTERSEXUALITY IN THE ANIMAL KINGDOM ». Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 449 pp. avec 221 fig.
Prix : 121,- DM.

Ce livre présente sous une forme instructive et facilement compréhensible les travaux et recherches en cours sur le phénomène de l'intersexualité. La plupart des groupes taxonomiques sont représentés et le livre aborde les problèmes de l'endocrinologie, de la génétique, du développement physiologique, de l'évolution et de l'écologie. Sur les 39 contributions, 19 sont consacrées aux Invertébrés et 20 aux Vertébrés (dont 9 aux Poissons; p. 201-310). Les deux dernières contributions traitent de l'androgynie chez les Mammifères.

Cet ouvrage est donc représentatif de l'état actuel des connaissances et facilite la compréhension de ce phénomène et de ses mécanismes de base.

Armin HEYMER

NICOLAI, J. (1973 - Nouvelle édition 1980) « VOGEL-LEBEN - ORNITHOLOGIE UND ETHOLOGIE » (La Vie des Oiseaux - Ornithologie et Ethologie). Chr. Belser Verlag Stuttgart, 224 pp. avec 144 photos en couleurs. Prix : 98,- DM.

A notre époque où l'environnement est de plus en plus menacé, les rapports entre l'Homme et les Oiseaux prennent une dimension toute nouvelle : l'observation des Oiseaux dans leur milieu naturel, l'étude de leur comportement apportent non seulement sur le plan éthologique, mais aussi sur celui de l'écologie des enseignements importants pour la compréhension de l'Homme lui-même.

Dans un style fascinant, ce livre décrit les événements les plus importants dans la vie des Oiseaux : la parade, l'accouplement, les soins de la couvée, la recherche de la nourriture, la défense contre les ennemis, le camouflage, le vol et les migrations. Une attention toute particulière est prêtée au rôle des Oiseaux dans l'équilibre de la nature, de plus en plus menacé par l'intervention de l'Homme. Ce livre offre à tous ceux qui s'intéressent aux Oiseaux et à leur comportement, une source d'informations exceptionnelle.

Pour la partie iconographique, 144 photos en couleurs, d'une valeur rare, ont été sélectionnées parmi plus de 10.000.

Armin HEYMER

DITFURTH, H. (1975 et 1978) « EVOLUTION - EIN QUERSCHNITT DURCH DIE FORSCHUNG » (L'évolution - un aperçu des recherches). Vol. I + II. Hoffmann + Campe Verlag, Hambourg. I. 239 pp., II. 266 pp., les deux volumes avec de nombreuses figures.

L'évolution est sans aucun doute l'un des domaines les plus fascinants des sciences naturelles modernes. Les deux présents volumes sont un bon exemple de diffusion et de vulgarisation de connaissances strictement scientifiques.

Le premier chapitre, dû à la plume de Konrad Lorenz, donne un résumé classique de la théorie de Darwin. Il traite également de l'influence des lois de l'évolution dans l'imitation biologique (mimétisme). D'autres contributions étudient le problème fondamental de savoir si et dans quelle mesure l'Homme en tant qu'être vivant créateur de culture, reste marqué par ses origines phylogénétiques.

Le deuxième volume contient des contributions sur les thèmes des variations génétiques, du problème des impasses phylogénétiques, de l'adaptation différenciée et des symbioses dans le règne animal. Les végétaux n'ont pas été négligés et il est démontré que l'évolution botanique présente, elle aussi, des aspects très intéressants.

Armin HEYMER

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 1982

Commission paritaire n° 22217

Imprimerie LOUIS-JEAN, 05002 GAP - Dépôt légal n° 296 - Juin 1983

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

TEXTE

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne sur le recto seulement de 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 d'auteurs figurent en capitale ou soulignés d'un double trait, les noms scientifiques (genres, espèces, sous-espèces) 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'auteur; 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 soigneusement 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 x 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.

VIE ET MILIEU, 1982, 32 (2)

SOMMAIRE – SUMMARY

<i>Notes on the feeding habits of Epigonus denticulatus (Pisces, Apogonidae) in the Catalan Sea (Western Mediterranean).</i>	J. MATALLANAS	77
Processus d'éclosion des œufs de durée de <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas (Rotifère). Comparaison de deux clones. <i>Hatching patterns of resting eggs in Brachionus calyciflorus. Comparison of two clones.</i>	R. POURRIOT, D. DEBEST et C. ROUGIER	83
Les Copépodes pélagiques au sud-est des îles du Cap Vert (mission Guidôme du N.O. « J. Charcot », sept.-oct. 1976). II. Aspects quantitatifs. <i>The pelagic Copepods of Cape Verde Islands (Cruise Guidôme of N.O. "J. Charcot", Sept.-Oct. 1976). II. Quantitatives aspects.</i>	V. CHAHSAVAR-ARCHAD et C. RAZOULS	89
Sur la présence d' <i>Eupterotegaeus ornatissimus</i> (Berlese, 1908) (Acarien Oribate) en Catalogne et sa répartition géographique. <i>On the presense of Eupterotegaeus ornatissimus (Berlese, 1908) (Acaria Oribatidae) in Catalonia and its distribution.</i>	J. TRAVÉ	101
Cycle de l'eau et de quelques paramètres physicochimiques dans une exsurgence du Liban. <i>Contribution to the knowledge of the Lebanese Karst. Water Cycle and Evolution of some physico-chemical Parameters in a Spring.</i>	N.J. ALOUF	105
<i>Two catches of Carcharhinus leucas (Valenciennes, 1841) captured in tropical western Africa.</i>	R. GRANDFILS ACCINO and R. MUÑOZ-CHAPULI	111
Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral des Bouches-du-Rhône (France Méditerranée Occidentale). <i>Impact of coastal development on the infralittoral zone of Bouches-du-Rhône (France – Western Mediterranean coasts).</i>	A. MEINESZ, J.M. ASTIER, A. BODOY, G. CRISTIANI et J.R. LEFEVRE	115
<i>Burrowing habits and substrate selection in ultrapsammophilous Tenebrionid Beetles of the Namib Desert.</i>	Y. COINEAU, N. LANCASTER, R. PRODON and M.K. SEELY	125
Analyses d'ouvrages. Book-Reviews.		133