

ISSN 0240-8759

Vie et Milieu

Life and Environment

Vol. 41 n° 2/3 – Septembre 1991

Périodique d'écologie - Publication trimestrielle

VIE ET MILIEU

Life and Environment

PÉRIODIQUE D'ÉCOLOGIE GÉNÉRALE
JOURNAL OF GENERAL ECOLOGY

LABORATOIRE ARAGO — UNIVERSITÉ P. et M. CURIE

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

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

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

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

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

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

Membres du Comité scientifique international — *International advisory board*

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

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

ABONNEMENTS/SUBSCRIPTIONS 1991

	FRANCE	AUTRES PAYS
Un an (4 numéros) / <i>Annual subscription (4 issues)</i>	610 F	810 F

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

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

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

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

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

IMPORTANCE DES ZOSTERES (*ZOSTERA NOLTII*) DANS LE BILAN DES MÉTAUX LOURDS DU BASSIN D'ARCACHON

*The importance of Eelgrass (Zostera noltii) in the heavy metal budget
of the Arcachon Basin (French Atlantic Coast)*

J.C. WASSERMANN, J.C. DUMON, C. LATOUCHE

I.G.B.A., Université de Bordeaux I, 351 cours de la libération, 33405 Talence, France

BILAN
Zn
Cu
Fe
Mn
ZOSTÈRES
BASSIN D'ARCACHON

RÉSUMÉ – L'importance des Zostères dans le bilan du Zn, du Cu, du Fe et du Mn dans le Bassin d'Arcachon a été recherchée. Une carte de leur répartition dans cette lagune a été dressée à partir de photos aériennes. Elle comporte exclusivement la distribution des herbiers à *Z. noltii*. Des mesures de biomasse ont également été effectuées sur *Z. noltii*, ainsi que des mesures de concentrations en métaux, tant chez *Z. noltii* que chez *Z. marina*, ainsi que sur leurs laisses et sur les sédiments sur lesquels poussent ces deux espèces. Les bilans du Zn, du Cu, du Fe et du Mn ont ensuite été calculés à partir de ces données. La faiblesse de l'apport brut en métaux au milieu par les phanérogames a été démontrée. Toutefois, leur importance demeure, en tant que producteurs de matière organique et par conséquent en tant que fournisseurs de produits, présentant des sites d'échange de cations pour le milieu.

BUDGET
Zn
Cu
Fe
Mn
EELGRASS
ARCACHON BASIN

ABSTRACT – The aim of this work is to study the importance of eelgrass (*Z. noltii*) in the budget of Zn, Cu, Fe and Mn in the Arcachon Basin (French Atlantic coast). Aerial photographic were used to map distribution of eelgrass, calculations of eelgrass covered surfaces and total environment surface. *In situ* measurements of biomass, coupled with aerial photograph analysis, allowed estimation of the total weight of eelgrass and sediments present in the studied environment. Analysis of the metal content of plants and sediments permitted the calculation of total metal content present in each reservoir (sediment and plant). Our results show that eelgrass metal weight (the greatest biological reservoir) is relatively low in relation to sediment metal weight. However, even if eelgrass importance in the metal budget is quantitatively low, plants provide an environment with organic matter, that is quite important in metal dynamics.

INTRODUCTION

La très large distribution des herbiers à Zostères dans tout l'hémisphère nord (Den Hartog, 1970) fait de cet écosystème l'un des plus importants des mers tempérées. De plus, cette communauté constitue un support pour un grand nombre d'organismes (animaux et végétaux), par la production de matière organique, et par le fait qu'elle en constitue parfois le substrat (Lubet, 1956; Thayer *et al.*, 1975; McConnaughey et McRoy, 1979; Mann, 1982). L'importance de ces herbiers touche même les écosystèmes d'eaux profondes, où la vie de certaines communautés animales dépend des

laisses de Zostères, qui y sont amenées par les courants marins (Menzies *et al.*, 1967; Wolff, 1976).

Compte tenu justement de leur importance écologique et de leur participation aux divers processus géochimiques en milieu côtier, l'étude du comportement de ces plantes vis-à-vis des polluants s'avérait nécessaire. Les deux genres de Zostères évoqués constituent deux écosystèmes bien différents, en ce sens que :

Zostera marina n'est jamais soumise à aucune émergence.

Zostera noltii subit en permanence les alternances d'émergence-immersions.

Malgré l'intérêt potentiel de ce type d'étude, il a jusqu'ici été consacré très peu d'attention à la connaissance des apports en éléments polluants, tels que les métaux lourds, provenant du métabolisme et/ou de la décomposition de ces plantes. Brix et Lyngby (1983), par exemple, ont étudié les concentrations en divers éléments métalliques majeurs et traces dans le sédiment portant *Z. marina* et les ont comparées à celles trouvées chez ce végétal, mais un bilan global de l'environnement (en l'occurrence le Limfjord, Danemark) n'a pas été réalisé. Les autres études concernent principalement les processus physiologiques d'absorption, et ont été réalisées au moyen d'expériences « in vitro » (e.g.: Faraday et Churchill, 1979; Bond *et al.*, 1985).

La principale difficulté des études de bilan réside dans une bonne détermination de la distribution géographique des espèces en cause, donnée essentielle pour l'estimation de la biomasse globale de l'environnement considéré. Pour ce faire, l'emploi de moyens de télédétection s'avère extrêmement utile. En ce qui concerne les phanérogames marines, un problème qui se pose d'emblée est le fait que ces plantes sont presque toujours immergées, et cela jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre couramment 20 à 30 m (exceptionnellement jusqu'à 50 m; Den Hartog, 1977). Ce type d'étude a généralement été réalisé dans des conditions spécifiques où la limpidité de l'eau permettait, à partir de photos aériennes, la réalisation de cartes illustrant la distribution des phanérogames (Young et Kirkman, 1975; Orth, 1976).

Dans la présente étude, nous avons voulu connaître l'importance des herbiers à *Z. noltii* du Bassin d'Arcachon (côte atlantique française), en tant que réservoirs d'éléments métalliques (zinc, cuivre, fer et manganèse), tout en les comparant à la masse totale en ces mêmes éléments, que renferment en propre les sédiments.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Le Bassin d'Arcachon est situé sur la côte atlantique de la France (Sud-Ouest), à une latitude de 44°44'N et à une longitude de 1°10'W. Cette lagune présente un marnage de forte amplitude (4,9 m en vives-eaux). Selon Hayes (1975), c'est un milieu de type mésotidal. Il est constitué principalement de chenaux (souvent sableux, et de ce fait dépourvus de végétation) et de bancs (de texture fine -vase-, recouverte par les herbiers à *Z. noltii*; fig. 1). Des herbiers à *Z. marina* sont également présents, mais seulement en bordure des chenaux.

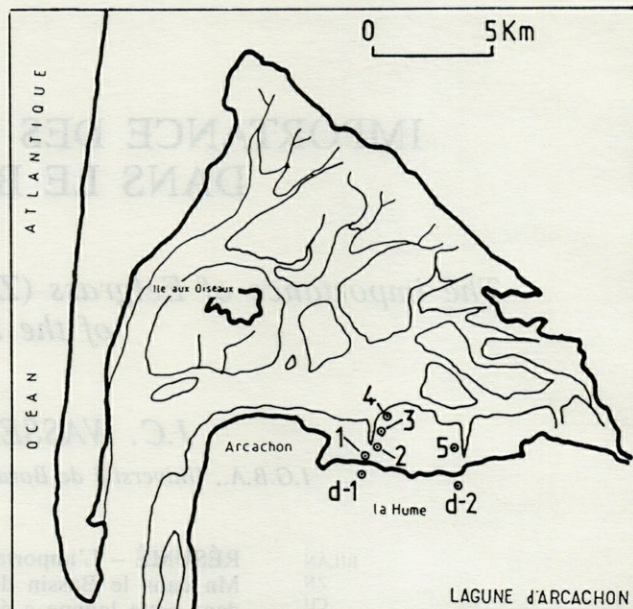


Fig. 1. – Bassin d'Arcachon : localisation des stations de prélèvement.

Arcachon Basin : location of sampling sites.

Biomasse des Zostères

Afin d'obtenir une estimation de la biomasse totale de *Z. noltii* dans la lagune, une photo aérienne, tirée le 12 août 1987 à 14 h 40, à marée basse (coefficient de marée 104) par un Mystère 20 -Dassault, évoluant à 9 138 m d'altitude a été utilisée. Nous avons ensuite délimité sur calque les parties verdâtres de la photo, correspondant aux herbiers à Zostères (des observations *in situ*, ont confirmé que ces parties verdâtres de la photo aérienne, correspondent bien à ces herbiers). Les surfaces respectives des chenaux et des herbiers ont ensuite été calculées.

A cette même période, ont été réalisées *in situ*, des mesures de biomasse (selon la méthode, dite « du carré ») sur les stations 1 à 5. Dans chacune d'elles 3 points, choisis de manière aléatoire ont fait l'objet de mesures. Les végétaux récoltés ont été amenés au laboratoire, pesés (biomasse humide), séchés, puis de nouveau pesés (biomasse sèche).

Analyses

Dans les stations 1 et 5, des Zostères, ainsi que le sédiment qui les supporte, ont été prélevés simultanément. Ces matériaux ont été séchés à 80°C, finement broyés dans un mortier d'agate, et conditionnés en sachets plastiques jusqu'aux analyses. Des échantillons de *Z. marina* (issues de la station 5, fig.1) et des laisses (provenant des stations d-1 et d-2, fig. 1) qui s'échouent sur les plages du Bas-

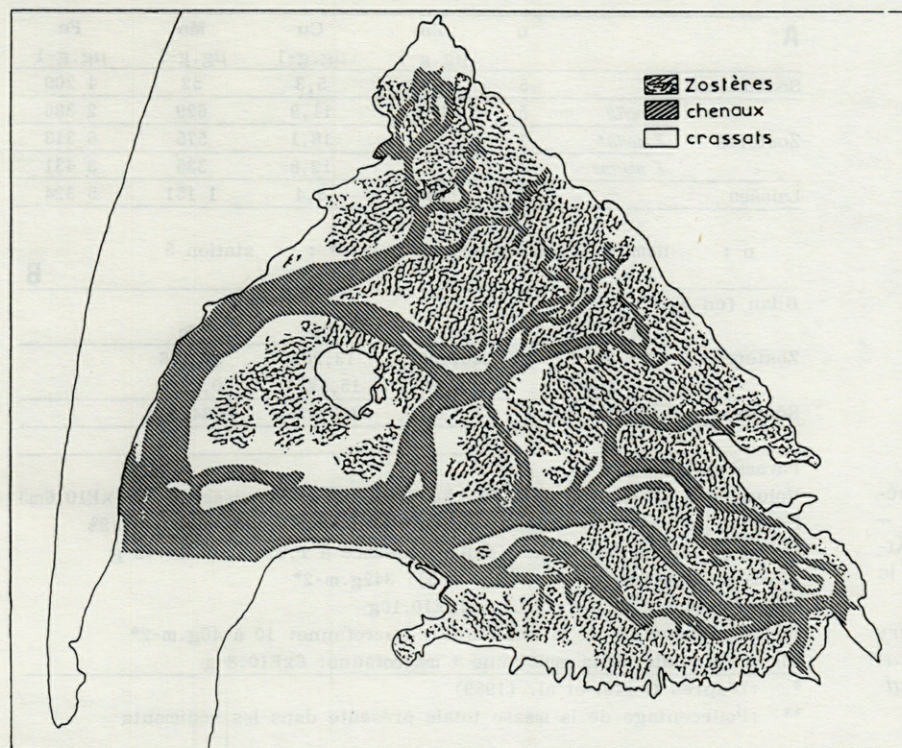


Fig. 2. - Cartographies des herbiers à Zostères.

Eelgrass distribution map.

sin (ces laisses sont composées essentiellement de feuilles de Zostères) ont été également prélevées afin d'y déterminer les concentrations en métaux. On comprendra qu'aucune estimation de biomasse n'ait pu par contre être faite sur ces laisses, d'importance variable, selon la saison et l'agitation de l'eau.

Sur les plantes, ont été pratiquées des extractions de métaux totaux par HCl et HNO₃ concentrés, à raison de 2 volumes de HCl pour 1 d'acide nitrique. Elles ont été suivies d'analyses en Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (AAS) pour le Zn, Cu, Fe et Mn (selon Wasserman *et al.*, 1988).

Les métaux du sédiment ont été extraits par HCl 0,1 N pendant 24 h (fraction acido-soluble). Les liqueurs d'extraction ont ensuite été analysées par AAS pour le Zn, le Cu, le Fe et le Mn (Fizman *et al.*, 1984).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 2 représente l'estimation des superficies respectivement couvertes par les herbiers, la

« slikke », et les chenaux, telle qu'elle découle de la photointerprétation. Les valeurs correspondantes, exprimées en km² font ressortir une superficie totale des herbiers de 60 km² (tabl. I). Cette valeur est inférieure aux estimations déjà existantes, qui font état d'une surface couverte par les herbiers de l'ordre de 82 km² (Bonjour et Carruesco, 1986). Dans la mesure où l'on ne connaît pas les méthodes utilisées pour l'obtention des valeurs relevées dans la littérature, il est difficile de dire si ces différences sont dues à une évolution des superficies couvertes par les herbiers, ou s'il s'agit d'une différence strictement liée aux méthodes de mesure elles-mêmes. D'autre part, aucune estimation basée sur des photos aériennes antérieures n'a jusqu'ici été faite dans ce cadre et, il est donc difficile de savoir si les herbiers ont évolué durant les dernières années. Il faut ajouter à cela la possibilité de variations saisonnières, même si la saison relative à ce travail (sept., oct.) est, en principe, celle qui présente la plus forte biomasse, correspondant au développement maximum des herbiers.

En ce qui concerne la biomasse justement, la valeur moyenne (qui résulte chaque fois, rappelons le, de la prise en compte de 3 échantillons) est de 342 g.m⁻². Ces résultats sont seulement légèrement

Tabl. I. - Superficie des différentes zones du Bassin d'Arcachon et des herbiers (en km²).

Calculated surfaces of the Arcachon Basin.

Superficie	- totale de la Lagune:	156.1
	- des Chenaux:	49.0 (soit 31,4% du total)
	- de la "Slikke" (herbiers compr	107.1 (soit 68,6% du total)
	- des Herbiers:	61.5 (soit 39,4% du total
		ou 57,4% de la slikke

A	n	Zn	Cu	Mn	Fe	
		$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	
Sédiments	5	60	5,3	52	4 209	
	<i>Z. noltii</i>	5	119	11,9	629	2 386
Zostères						
	<i>Z. noltii</i> *	1	156	18,1	575	6 313
	<i>Z. marina</i>	1	74	12,8	335	3 431
Laisses	2	150	8,4	1 151	5 324	

n : nombre d'échantillons

* : station 5

B

Bilan (en Kg)

	Zn	Cu	Mn	Fe
Zostères	2,507	250,000	13,209	50,106
	2,6%**	2,9%**	15,8%**	0,7%**
Sédiments	96,480	9,528	308,570	6734,400

Paramètres

Volume des sédiments de la "slikke" (pour 2cm d'épaisseur): $2,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ Fraction $<63\mu\text{m}$ de la "slikke" (d'après Wasserman, en prép.): 47,9%Masse de la fraction $<63\mu\text{m}$ (densité estimée à 1,6): $1,6 \times 10^{12} \text{ g}$ Biomasse moyenne de *Z. noltii* (n=5): $342 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ *Biomasse totale de *Z. noltii*: $2,1 \times 10^{10} \text{ g}$ Biomasse moyenne de la meiofaune + macrofaune: 10 à $40 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ *Biomasse totale de la meiofaune + macrofaune: $6 \times 10^8 \text{ g}$

* : D'après Castel et al. (1989)

** : Pourcentage de la masse totale présente dans les sédiments

Tabl. II A. – Concentrations en métaux : $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de matière sèche. B. – Bilan des métaux dans le Bassin d'Arcachon. Paramètres utilisés pour le calcul.

A. Metal concentrations : $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ dry matter. B. Metal budget in the Arcachon Basin. Parameters used for calculations.

inférieurs à ceux cités dans la littérature pour *Z. marina* (McRoy et McMillan, 1977). Cela est probablement dû à la biologie spécifique de *Z. noltii*, qui est une espèce soumise ici à de fortes variations des conditions de l'environnement (dans le Bassin d'Arcachon, on connaît en effet un fort marnage, ce qui est synonyme d'alternances d'immersions et d'émersions), ce qui engendre une réduction de la production et donc une diminution corrélative de la biomasse (Den Hartog, 1970).

Les concentrations en métaux dans les sédiments, chez *Z. noltii*, chez *Z. marina* (qui n'apparaît, rappelons-le qu'en bordure des chenaux), et dans les laisses sont représentées dans le tableau II A.

Les concentrations en métaux trouvés à Arcachon, dans les plantes sont du même ordre de grandeur que celles observées par Brix et al. (1983) dans une série d'analyses d'intercalibration. La comparaison des résultats de *Z. noltii* et de *Z. marina* (tabl. II A, station 5) font ressortir une différence significative entre les concentrations en métaux dans les deux espèces. Par ailleurs, les données relatives aux laisses sont significativement différentes de celles obtenues chez les plantes vivantes, surtout pour Cu et Mn.

La comparaison de nos données (sur les concentrations en Cu et Zn chez *Z. noltii*, tabl. II A) et de celles obtenues par Carruesco et al. (1986, qui ont analysé la même plante dans ce même environnement), montre des similitudes pour Zn (qui selon cet auteur varie entre 20 et $420 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de matière sèche). Cette différence tient peut être

seulement à l'utilisation de méthodes d'analyses différentes. En effet, Carruesco et al. (1986) ont analysé des échantillons de Zostères par spectrométrie de fluorescence X, après calcination à 1050°C , or, Wasserman et al. (1988) ont montré que les concentrations en Cu dans les liqueurs d'extraction de plantes de *Z. noltii*, où les échantillons de départ ont été calcinés à 1050°C , présentent des concentrations en ce métal 2 à 3 fois supérieures à celles observées lorsqu'il n'est pas procédé à cette calcination. Cela rapprocherait les résultats du tableau II A à la limite inférieure de ceux obtenus par les auteurs ci-dessus.

Les concentrations en métaux des sédiments sont également inférieures à celles trouvées par Carruesco et al. (1986) dans le même environnement. Dans ce cas, il faut tenir compte du fait que les données du tableau II A ne sont le résultat que d'une extraction partielle pratiquée sur le sédiment, et sont donc tout à fait naturellement inférieures aux concentrations totales obtenues par les auteurs cités (par fluorescence X).

Le bilan des 4 métaux étudiés dans le Bassin d'Arcachon, calculé à partir des données figurant dans les tableaux I et II A est synthétisé par le tableau II B.

Les résultats montrent que, par rapport à la masse de métaux emprisonnée dans les sédiments, les plantes n'en renferment qu'un pourcentage très faible. Cela ne veut pas dire pour autant que *Z. noltii* ne joue aucun rôle vis-à-vis du cycle des métaux étudiés dans la lagune considérée. On doit en effet tenir compte du fait que les cations mé-

talliques présents chez les phanérogames sont bien plus labiles et donc, bien plus « biodisponibles », que ceux que renferme le sédiment.

L'action des plantes sur la dynamique des métaux peut également modifier le temps de résidence de ceux-ci dans l'environnement. Faraday & Churchill (1979), par exemple, observent l'accumulation de Cd dans des feuilles de *Z. marina* à partir de l'eau. Cette étape est suivie du transport de cet élément vers les racines-rhizomes. Dans ce cas, le Cd qui était dissous dans l'eau et (par conséquent) très labile, est retenu par les racines pendant parfois plusieurs années, pour ensuite le libérer dans le sédiment, où il peut, éventuellement demeurer indéfiniment. D'autre part, Mayes *et al.* (1977) observent le phénomène inverse pour le Pb chez *Elodea canadensis*. Ils observent que la mobilisation du métal, retenu au préalable dans le sédiment, par les racines, est suivie du transport vers les feuilles, qui peuvent le relâcher par sécrétion, ou par décomposition, lors de leur mort qui intervient tous les ans, en hiver.

De plus, les Zostères constituent pour le sédiment une source très importante de matières organiques (Bonjour et Carruesco, 1986) et par conséquent, offrent des sites potentiels de fixation et d'échanges pour ce dernier. Il faut encore remarquer que selon le bilan réalisé ici, les Zostères constituent, de toutes façons, le plus important « réservoir » biologique de métaux du Bassin d'Arcachon.

Ce travail ne constitue qu'une première approche du bilan des métaux dans le Bassin d'Arcachon et témoigne de l'importance des herbiers à Zostères dans ce bilan. Une meilleure connaissance sur les variations saisonnières est maintenant nécessaire, car, comme l'on montré Carruesco *et al.* (1986), cet aspect peut être très important. L'observation des variations pouvant se manifester tout au long de l'année devrait constituer le point de départ de recherches ultérieures plus approfondies.

REMERCIEMENTS – Les auteurs remercient M. J.M. Froidefond et M. Le Professeur R. Prud'Homme pour l'aide dans l'élaboration de la carte de distribution des Zostères dans le Bassin d'Arcachon. Ce travail a été financé en partie par le CNPq-Brézil (proc. n°200.970/87-9, à J.C.W.).

BIBLIOGRAPHIE

BOND A.M., J.R. BRADBURY, H.A. HUDSON, J.S. GARNHAM, P.J. HANNA & S. STOTHER, 1985. Kinetic Studies of Lead (II) Uptake by the Seagrass *Zostera muelleri* in Water by Radiotracing, Atomic Absorption Spectrometry and Electrochemical Techniques. *Mar. Chem.* **16** : 1-9.

- BONJOUR D. & C. CARRUESCO, 1986. Origine de la matière organique dissoute et particulaire dans le Bassin d'Arcachon. Apports autochtones et allochtones, essai de bilan. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquit.*, Bordeaux. **39** : 73-93.
- BRIX H. & J.E. LYNGBY, 1983. The distribution of some metallic element in eelgrass (*Zostera marina* L.) and sediment in the Limfjord, Denmark. *Est. Coast. Shelf Res.* **16** : 455-467.
- BRIX H., J.E. LYNGBY & H.H. SCHIERUP, 1983. The reproducibility in the determination of heavy metals in marine plant material – an interlaboratory calibration. *Mar. Chem.* **12** : 69-85.
- CARRUESCO C., Y. LAPAQUELLERIE, P.J. LABOURG & D. PRUNIER, 1986. Impact des métaux lourds sur un environnement lagunaire : le Bassin d'Arcachon. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquit.*, Bordeaux. **39** : 85-93.
- CASTEL J., P.J. LABOURG, V. ESCARAVAGE, I. AUBI & M.E. GARCIA, 1989. Influence of seagrass beds and oyster parks on the abundance and biomass patterns of meio- and macrobenthos in tidal flats. *Est. Coast. Shelf Sci.* **28** : 71-85.
- DEN HARTOG C., 1970. The seagrasses of the world. North Holland, 275 p.
- DEN HARTOG C., 1977. Structure, function and classification in seagrass communities. In : seagrass ecosystem. A scientific perspective. C.P. Mc Roy & C. Helfferich (eds). Marcel Decker, New York, 89-122.
- FARADAY W.E. & A.C. CHURCHILL, 1979. Uptake of Cadmium by eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Biol.* **53** : 293-298.
- FISZMAN M., W.C. PFEIFFER & L.D. LACERDA, 1984. Comparison of methods used for extraction and geochemical distribution of heavy metals in bottom sediments from Sepetiba Bay, *R.J. Environ. Technol. Lett.* **5** : 567-575.
- HAYES M.O., 1975. Morphology of sand accumulations in estuaries. In : estuarine research. L.E. Cronin (ed.). Academic Press, New York, 53-91.
- LUBET P., 1956. Considérations écologiques sur les herbiers du Bassin d'Arcachon. *P.V. Soc. Linn. Bordeaux* **96** : 95-104.
- MANN K.H., 1982. Ecology of coastal waters : a system approach. Blackwell scientific publications. Oxford 322 p.
- MAYES R.A., A.W. MCINTOSH & V.I. ANDERSON, 1977. Uptake of Cadmium and lead by rooted aquatic macrophyte (*Elodea canadensis*). *Ecology* **58** : 1176-1180.
- MCCONNAUGHEY T. & C.P. MCROY, 1979. ¹³C label identifies eelgrass (*Zostera marina*) carbon in Alaska estuarine food web. *Mar. Biol.* **53** : 263-269.
- MCROY C.P. & C. MCMILLAN, 1977. Production ecology and physiology of seagrasses. In : seagrass ecosystem. A scientific perspective. C.P. McRoy & C. Helfferich (eds). Marcel Decker, New York, 53-88.
- MENZIES R.J., J.S. ZANEVELD & R.M. PRATT, 1967. Transported Turtle grass a source of organic enrichment of abyssal sediments off North Carolina. *Deep-sea Res.* **14** : 111-112.

ORTH R.J., 1976. The demise and recovery of eelgrass, *Zostera marina* in Chesapeake Bay, Virginia. *Aquat. Bot.* 2 : 141-159.

THAYER G.W., S.M. ADAMS & M.W. LACROIX, 1975. Structural and functional aspects of a recently established *Zostera* Community. In : Estuarine Research. L.E. Cronin (ed.) Academic Press, New York, 518-540.

WASSERMAN J.C., C. LATOUCHE & M.A.M. WASSERMAN, 1988. Effects of drying ashing temperature on the determination of Zn, Cu, Fe and Mn in

Zostera noltii by graphite atomic absorption. In : heavy metals in the hydrological cycle, M. Astruc & J.N. Lester (eds.). Selper Ltd. London, 211-216.

WOLFF T., 1976. Utilisation of seagrass in the deep sea. *Aquat. bot.* 2 : 161-174.

YOUNG P.C. & H. KIRKMAN, 1975. The seagrass communities of Moreton Bay Queensland. *Aquat. Bot.* 1 : 191-202.

Reçu le 29 janvier 1990; received January 29, 1990
 Accepté le 3 octobre 1990; accepted October 3, 1990

CARRESCO C., Y. LAPAQUELLE, P. LA...
 BOURG & D. PRUNIER, 1986. Impact des métrons
 joints sur un environnement lagunaire : le Bassin
 d'Arcachon. *Bull. Inst. Géol. Nat. Aquit.*, Bor-
 deaux, 39 : 85-93.

CASTEL I., P. LABOURG, V. ESCARAVAGE, I. AU-
 BI & M.E. GARCIA, 1989. Influence of seagrass
 beds and oyster banks on the abundance and biomass
 of meio- and macrobenthos in tidal flats. *Estu-
 Coas. Shelf. Sci.* 28 : 71-83.

DEB HARTOG C., 1976. The seagrasses of the world.
 Noord-Holland, 275 p.

DEB HARTOG C., 1977. Structure, function and clas-
 sification in seagrass communities. In : seagrass eco-
 system. A scientific perspective. C.R. Mc Roy & C.
 Hellicsh (eds.) Marcel Dekker, New York, 89-122.

PARADAY W.E. & A.C. CHURCHILL, 1978. Uptake
 of Cadmium by seagrass *Zostera marina*. *Mar. Biol.*
 52 : 293-298.

REZMAN M., W.C. PREIFER & L.D. LACERDA,
 1984. Comparison of methods used for extraction and
 geochemical distribution of heavy metals in bottom
 sediments from Sepetiba Bay, R.J. Favaon, Technol.
 Sci. 5 : 267-272.

HAYES M.O., 1975. Morphology of sand accumulations
 in estuaries. In : estuarine research. L.E. Cronin (ed.),
 Academic Press, New York, 33-51.

LUBET P., 1956. Considérations écologiques sur les
 herbiers du Bassin d'Arcachon. *N. V. Soc. Linn. Bor-
 deaux* 98 : 92-104.

MANN K.H., 1982. Ecology of coastal waters - a system
 approach. Blackwell scientific publications, Oxford,
 322 p.

MAYES R.A., A.W. MCINTOSH & V.I. ANDERSON,
 1977. Uptake of Cadmium and lead by rooted aquatic
 macrophyte (*Elodea canadensis*). *Ecology* 58 : 1175-
 1180.

MCCONNAUGHEY T. & C.R. MCROY, 1979. Isc 13,
 Alaskan estuarine food web. *Mar. Biol.* 53 : 263-269.

MCROY C.P. & C. MCMLLAN, 1977. Production eco-
 logy and physiology of seagrasses. In : seagrass eco-
 system. A scientific perspective. C.R. Mc Roy & C.
 Hellicsh (eds.) Marcel Dekker, New York, 23-58.

MEMMES R.L., S. ZANVELD & R.M. BRATT,
 1967. Transported Turbidity: a source of organic
 enrichment of abyssal sediments off North Carolina.
Deep-sea Res. 14 : 111-112.

Le plus, les Zostères constituent pour le sédi-
 ment une source très importante de minéraux or-
 ganiques (Bourgo et Carresco, 1986) et par
 conséquent, offrent des sites potentiels de fixation
 et d'échanges pour ce dernier. Il faut encore re-
 marquer que selon le bilan réalisé ici, les Zostères
 constituent, de toutes façons, le plus important
 « réservoir » biologique de métaux du Bassin
 d'Arcachon.

Ce travail ne constitue qu'une première ap-
 proche du bilan des métaux dans le Bassin d'Ar-
 cachon et témoigne de l'importance des herbiers
 à Zostères dans ce bilan. Une meilleure connais-
 sance sur les variations saisonnières est mainte-
 nant nécessaire, car, comme l'on montre Carresco
 et al. (1986), cet aspect peut être très important.
 L'observation des variations pourrait se manifester
 tout au long de l'année devant constituer le point
 de départ de recherches ultérieures plus approfon-
 diées.

REMERCIEMENTS - Les auteurs remercient M. J.M.
 Froidefond et M. Le Professeur R. Fud'Honnane
 pour l'aide dans l'élaboration de la carte de dis-
 tribution des Zostères dans le Bassin d'Arcachon.
 Ce travail a été financé en partie par le CNRS-
 Brésil (proc. n°20097087-9, à J.C.W.).

BIBLIOGRAPHIE

BOND A.M., J.R. BRADBURY, K.A. HUDSON, J.S.
 GARNHAM, P.J. LIANA & S. STOTHER, 1985.
 Kinetic studies of lead (II) uptake by the seagrass
Zostera marina in Water by Radioactive Atomic
 Absorption Spectrometry and Electrochemical Tech-
 niques. *Mar. Chem.* 16 : 1-9.

IDENTIFICATION DES STADES JUVÉNILES DE *DORYLAIMOPSIS MEDITERRANEA* (NEMATODA, COMESOMATIDAE)

Identification of juvenile stages of Dorylaimopsis mediterranea
(Nematoda, Comesomatidae)

F. DE BOVÉE

Université P. et M. Curie Paris VI, CNRS.
Observatoire Océanologique de Banyuls, Laboratoire Arago,
66650 Banyuls-sur-Mer, France

CYCLE BIOLOGIQUE
STADES JUVÉNILES
NÉMATODE LIBRE MARIN
ANALYSE DE DONNÉES

RÉSUMÉ – *Dorylaimopsis mediterranea* est une des espèces dominantes du peuplement de Nématodes des vases terrigènes côtières de Méditerranée (rang= 5 à Banyuls-sur-Mer). Afin d'étudier sa dynamique et sa production nous identifions d'abord les stades juvéniles. La méthodologie des Nuées Dynamiques est appliquée à un ensemble de 907 juvéniles. Le premier stade apparaît comme mal échantillonné, mais les trois autres stades se différencient morphométriquement. L'oesophage et la queue sont proportionnellement plus importants chez les formes de petite taille que chez les adultes. Les individus âgés sont proportionnellement plus filiformes que les jeunes. Les diverses parties du corps du juvénile n'ont pas la même dynamique de croissance. Au début des stades J1-J2 et J3, l'oesophage croît d'abord, puis la queue et enfin le reste du corps. Il n'est pas possible de distinguer au sein du 4ème stade les tendances morphométriques des adultes (mâles, femelles). Au plan morphologique, les jeunes du stade J1 auraient une ornementation réduite sans différenciation latérale. Les juvéniles du stade 2 possèdent une cuticule peu ornementée dotée d'une différenciation latérale à une rangée de points. Les jeunes du stade 3 (J3) possèdent une ornementation à 2 rangées. Au stade 4 (J4) les juvéniles ont une morphologie externe proche de celle de l'adulte.

LIFE CYCLE
JUVENILE STAGES
FREE-LIVING MARINE NEMATODE
DATA ANALYSIS

ABSTRACT – *Dorylaimopsis mediterranea* is one of the most dominant species of free-living marine Nematodes from the sublittoral muds of Mediterranean (rank= 5 in Banyuls-sur-Mer). To elucidate the dynamic and the production of this species, we first identify the juvenile stages. A set of 907 juveniles was studied with the help of the Dynamic Clusters Analysis method. The first stage seems to be poorly sampled, but the three others stages can be clearly morphometrically differentiated. The oesophageous and the tail are proportionally longer than in juveniles. The oldest forms are more slender than the juveniles. The different parts of the juvenile body have not the same dynamic growth. The oesophageous increases first, followed by growth of the tail and finally of the rest of the animal. During the fourth stage it is not possible to separate the morphometrical trends of the adults (males, females). On a morphological point of view, the juveniles of J1 would be poorly ornamented without any lateral differentiation. The juveniles of J2 are slightly ornamented with a lateral differentiation (one row). The juveniles of J3 have a lateral differentiation with two rows of dots. The juveniles of J4 are morphologically close to adults.

1. INTRODUCTION

Les Nématodes sont dans la plupart des biotopes le groupe dominant du méiobenthos. Toutefois, et spécialement dans le domaine sublittoral, les cycles biologiques et la production de ces

formes demeurent mal connus (Heip et coll., 1985). La diversité élevée des peuplements limite l'application de techniques directes, fondées sur la biométrie, qui nécessite l'observation d'un grand nombre d'individus et une détermination précise à la fois des jeunes et des adultes.

Pour des espèces dont le cycle de vie est court, le suivi d'histogrammes de fréquences de taille ne fournit le plus souvent que des résultats difficilement interprétables en raison du chevauchement des générations et de la variabilité dimensionnelle intraspécifique. La croissance des Nématodes se fait classiquement selon 4 stades juvéniles (J1 à J4) suivis d'un stade adulte. Afin de pallier ces difficultés nous tentons d'affecter chacun des spécimens à son stade de développement. Il est aisé de distinguer sur la base de critères morphologiques (forme de l'amphide, de la capsule buccale, ornementation cuticulaire) les adultes et les juvéniles de *D. mediterranea* des autres formes du peuplement. Mais, l'attribution des jeunes à un stade précis devient pratiquement impossible dans le cadre d'études où il est nécessaire de traiter un nombre important d'échantillons. Nous avons donc adopté une démarche à posteriori : nous acquérons sur un individu un ensemble de données biométriques. Puis, à l'aide de techniques d'analyses multidimensionnelles (Nuées Dynamiques), nous identifions les stades juvéniles et adultes dont nous établissons les principales caractéristiques morphométriques.

L'espèce étudiée : *Dorylaimopsis mediterranea* a été décrite en 1968 par Grimaldi de Zio (lapsus *Dorilaimopsis mediterranea*, cf. Gerlach et Riemann, 1973) à partir de spécimens provenant de vases du coralligène au large de Bari, puis redécrite par Boucher (1972) à Banyuls. Cette espèce semble constante dans les vases de Méditerranée, elle est aussi signalée à Villefranche par Schuurmans-Stekhoven (1950) (nec *D. punctata*) et au large de Marseille par Vitiello (1974, 1976). Toutefois, son extension verticale semble limitée à la partie supérieure du plateau continental. En effet, Vitiello (1976) ne la retrouve ni dans les vases bathyales au large de la Corse ni dans les canyons de la région marseillaise. Nous-même, au cours des diverses campagnes ECOMARGE (de Bovée et coll., 1990), ne l'avons jamais observé dans les sédiments des canyons ou plus généralement de la marge continentale méditerranéenne nord occidentale.

Cette espèce appartient aux consommateurs non sélectifs de dépôts (Wieser, 1953). Sur l'ensemble de 27 prélèvements répartis au cours d'un cycle annuel (de Bovée, 1987a), elle constitue avec 1281 individus déterminés, 4,3 % de la nématofaune et occupe le 5ème rang. Ce genre présente des espèces vicariantes : *Dorylaimopsis metatypicus* dans les vases du Puget Sound (Tietjen, 1977) et *D. punctata* en Manche et mer du Nord (Warwick et Buchanan, 1970).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel étudié provient d'une station située à 32,5m de profondeur dans les vases terrigènes

côtières de la baie de Banyuls-sur-Mer. L'ensemble des techniques de récolte et traitement du matériel biologique est décrit dans un précédent travail (de Bovée, 1988). Brown et Boag (1988) soulignent les sources les plus importantes d'erreurs systématiques dans le cadre d'études biométriques. Afin d'y pallier au mieux, nous maintenons toujours les mêmes techniques de fixation et de conservation des individus (de Bovée, 1983). Les mesures sont effectuées de façon semi automatique à l'aide d'un micro ordinateur (de Bovée, 1987). Le traitement statistique des données (de Bovée, 1983) est effectué selon la méthode d'agrégation autour de centres variables, plus connue sous le nom de Nuées Dynamiques (Diday, 1971) à l'aide du logiciel d'analyses de données de l'ADDAD (1985).

Pour cette seule espèce 1219 individus sur les 1281 identifiés sont mesurés, soit une « perte » inférieure à 5 %. Ce sont 907 formes juvéniles (sur 968) et 312 adultes (sur 313). Le critère de séparation est la présence ou non des organes reproducteurs (spicules, vulve). Les adultes se répartissent en 111 mâles, 114 femelles non gravides (sur 115) et 87 femelles gravides. Le critère de séparation de ces deux dernières catégories est l'absence ou la présence d'ovocytes nettement développés.

Sur chacun des individus, un minimum de 10 variables est utilisé : nous mesurons la longueur totale (L.T.), de l'oesophage (L.O.) et de la queue (L.Q.), le diamètre maximal (d.M.), céphalique (d.C.) et anal (d.A.). Nous calculons les coefficients de de Man (a,b,c.) et le rapport L.Q./d.A.). Pour les mâles, la longueur du spicule (L.S.) et de sa corde (L.C.) et les rapports L.Q./L.S. et L.S./d.A. sont ajoutés. Pour les femelles, la distance de la vulve à l'extrémité antérieure (L.V.) et le pourcentage correspondant (V %) sont inclus. Pour chacun des groupes identifiés, le rapport L.O./L.Q. est calculé.

La non mesure d'une dimension (animal mal positionné, organe mal distingué ou incomplet) entraîne l'éviction de l'individu du fichier de données. De même, nous écartons les rares formes où nous observons une cicatrisation de l'extrémité caudale faisant vraisemblablement suite à un sectionnement de cet organe.

3. INDIVIDUALISATION DES STADES

Le jeune de *D. mediterranea* est au plan de la morphologie générale un adulte en miniature. Toutefois, des modifications apparaissent au niveau de l'ornementation cuticulaire. Chez les adultes, il existe une différenciation latérale très marquée. Chez les juvéniles, elle est beaucoup

moins franche. Il est possible de remarquer des formes de grande taille à deux ou trois rangées de ponctuations, des formes de taille intermédiaire à deux rangées, des individus de petite taille à une rangée. De plus, nous observons 2 jeunes sans différenciation latérale. La dimension des ponctuations est aussi en relation avec celle des individus et décroît des plus grands nématodes aux plus petits. Il devient alors délicat de préciser le nombre exact de rangées et il nous a été impossible de nous prononcer dans environ 30 % des cas. Hormis ces critères d'ornementation cuticulaire qui, même aux plus forts grossissements demeurent parfois difficiles à apprécier, il n'existait pas dans le cadre d'un travail quantitatif de caractères permettant d'affecter chaque individu à un stade larvaire défini. Toutefois, ces informations qualitatives

se révéleront utiles pour préciser les résultats apportés par la méthodologie des nuées dynamiques.

A l'issue du calcul, il se dégage 26 formes fortes dont 16 comportent 10 individus ou plus. Le tracé de la hiérarchie des formes fortes ne met en évidence que 3 classes (J1-J2, J3, J4). Ces groupes comprennent respectivement 368; 289 et 250 formes juvéniles.

3.1. Caractéristiques morphométriques des jeunes et des adultes (tabl. I)

La longueur totale demeure le paramètre le plus directement accessible. Aussi, est-ce en fonction de cette variable que les histogrammes de fré-

Tabl. I. — *Dorylaimopsis mediterranea*. Données morphométriques des groupes de juvéniles (J1-J2 à J4) et des adultes. m = moyenne; σ = écart type; c.v. = coefficient de variation; min. et max. valeur la plus petite et la plus grande. Les abréviations des paramètres (L.T....) sont expliquées dans le texte.

		J1-J2	J3	J4	♂	♀	♀w
Nb		368	289	250	111	114	87
L.T.	m	594,22	1002,46	1487,80	1981,10	1970,02	2077,70
	σ	97,47	122,01	140,15	190,71	221,04	143,86
	c.v.	16,40	12,17	9,42	9,63	11,22	6,92
	min.	291	533	1185	1640	1590	1760
	max.	820	1365	1845	2510	2675	2460
L.O.	m	133,63	178,83	224,87	260,37	270,33	280,99
	σ	17,36	15,60	17,64	21,42	27,35	20,71
	c.v.	12,99	8,72	7,84	8,23	10,12	7,37
	min.	75	106	187	200	210	235
	max.	180	220	285	305	345	335
L.Q.	m	78,07	113,45	154,28	177,68	187,66	197,25
	σ	11,87	14,57	14,43	20,50	19,65	15,45
	c.v.	15,20	12,84	9,35	11,54	10,47	7,83
	min.	43	74	102	135	145	165
	max.	116	160	190	260	235	235
d.C.	m	7,21	9,50	11,94	14,32	14,09	14,71
	σ	0,89	0,86	4,58	1,26	1,67	1,10
	c.v.	12,34	9,05	38,36	8,80	11,85	7,48
	min.	5	7	9	12	11	11
	max.	10	12	14	17	17	18
d.M.	m	28,37	32,10	47,66	61,12	66,54	73,75
	σ	3,69	4,55	7,85	7,03	10,87	8,27
	c.v.	13,01	14,17	16,47	11,50	16,34	11,21
	min.	12	15	37	47	44	57
	max.	34	52	81	79	100	100
d.A.	m	17,20	25,92	37,19	50,01	45,72	51,53
	σ	3,14	3,57	4,89	4,85	5,08	4,41
	c.v.	18,26	13,77	13,15	9,70	11,11	8,56
	min.	10	13	24	41	35	40
	max.	28	34	49	61	60	56
a	m	28,01	31,49	31,74	32,63	30,00	28,43
	σ	2,87	3,25	4,01	3,22	3,50	2,94
	c.v.	10,25	10,32	12,63	9,87	11,67	10,34
	min.	19,67	21,35	19,14	26,72	25,00	21,05
	max.	35,88	45,11	43,43	41,00	43,27	37,19
b	m	4,45	5,61	6,62	7,61	7,30	7,41
	σ	0,45	0,48	0,50	0,47	0,50	0,36
	c.v.	10,11	8,56	7,55	6,18	6,85	4,86
	min.	3,23	4,46	5,72	6,46	6,21	6,74
	max.	5,69	6,94	7,87	8,89	8,73	8,28
		J1-J2	J3	J4	♂	♀	♀w
Nb		368	289	250	111	114	87
c	m	7,63	8,88	9,68	11,20	10,51	10,56
	σ	0,78	0,77	0,82	0,88	0,71	0,71
	c.v.	10,22	8,67	8,47	7,86	6,75	6,72
	min.	5,22	6,28	7,20	8,98	8,83	8,80
	max.	10,91	11,82	12,48	13,83	12,34	12,85
L.Q./d.A.	m	4,59	4,41	4,19	3,56	4,12	4,20
	σ	0,56	0,48	0,49	0,35	0,37	0,55
	c.v.	12,20	10,88	11,69	9,83	8,98	13,10
	min.	3,10	2,93	3,02	2,70	3,33	3,46
	max.	7,00	6,54	5,96	4,47	5,41	5,00
L.O./L.Q.		1,71	1,58	1,46	1,47	1,44	1,42
L.V.	m					935,63	982,11
	σ					100,45	77,24
	c.v.					10,74	7,86
	min.					675	820
	max.					1270	1195
V %	m					47,40	47,37
	σ					1,79	1,72
	c.v.					3,78	3,63
	min.					39,24	41,74
	max.					52,33	53,91
L.S.	m					194,96	
	σ					24,93	
	c.v.					12,79	
	min.					112	
	max.					291	
L.C.	m					117,2	
	σ					14,80	
	c.v.					12,63	
	min.					91	
	max.					125	
L.Q./L.S.	m					0,94	
	σ					0,10	
	c.v.					10,64	
	min.					0,76	
	max.					1,29	
L.S./d.A.	m					3,86	
	σ					0,38	
	c.v.					9,84	
	min.					2,49	
	max.					5,02	

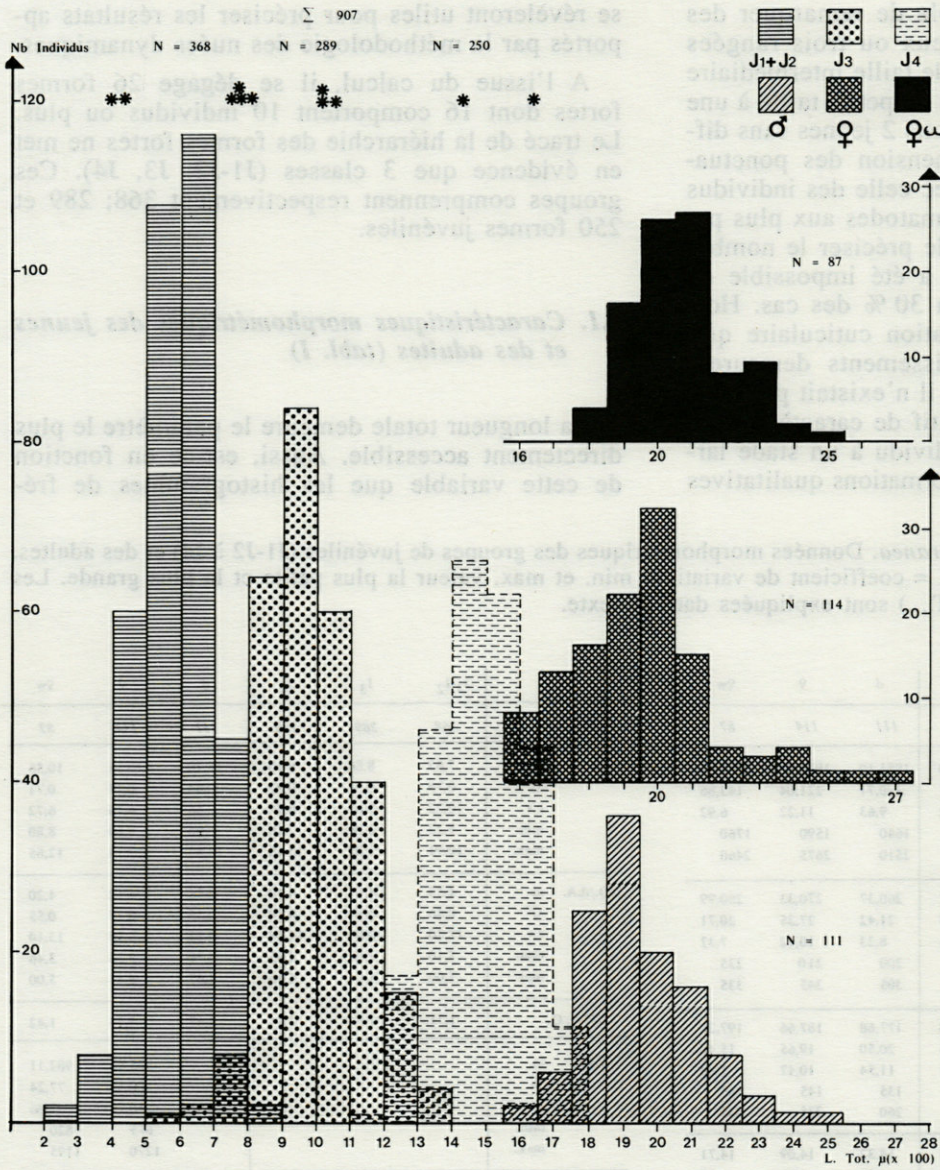


Fig. 1. - *Dorylaimopsis mediterranea*. Histogrammes de fréquence de taille des 4 stades juvéniles et des adultes. Les étoiles indiquent la taille et l'emplacement des individus à double amphide.
Length frequency histograms for the 4 juvenile stages and adults. The asterisks indicates the length of the larvae with a double amphid.

quence de taille (Fig. 1) et les graphes de l'évolution des valeurs moyennes (Fig. 2) sont tracés.

La taille des jeunes du premier groupe (J1-J2) est comprise entre 291 et 820 µm. La moyenne (594,2 µm) est légèrement inférieure à la classe modale (600-700 µm). Celle des formes du second groupe (J3) est comprise entre 533 et 1365 µm, la moyenne est très voisine de la classe modale (900-1000 µm). La longueur totale des individus du groupe 3 (J4) est comprise entre 1185 et 1845 µm, la moyenne (1487,8 µm) correspond à la classe modale.

La taille des premiers adultes est voisine de 1600 µm. Les mâles ont une longueur totale comprise entre 1640 et 2510 µm, la moyenne (1981,1 µm) est supérieure à la classe modale (1850-1950 µm). Les femelles non gravides ont une taille comprise entre 1590 et 2675 µm, la taille

moyenne (1970,0 µm) correspond à la classe modale. La longueur des femelles gravides est comprise entre 1760 et 2460 µm, la valeur moyenne (2077,7 µm) correspond aussi à la classe modale (2050-2150 µm).

Ces remarques et l'examen de la figure 1 indiquent que les tailles des juvéniles au sein de chaque groupe sont normalement distribuées et selon un seul mode. Pour les adultes, les distributions montrent une tendance nette à la dissymétrie, notamment pour les femelles, gravides ou non. Tant pour les jeunes que pour les adultes, la variabilité au sein d'un stade demeure élevée. Les valeurs du coefficient de variation (c.v.) dépassent le plus souvent 10 %. C'est au sein du groupe J1-J2 qu'ils sont le plus fort. Les femelles non gravides qui regroupent des formes très jeunes ou très âgées sont, pour les adultes, le composant le plus hétérogène.

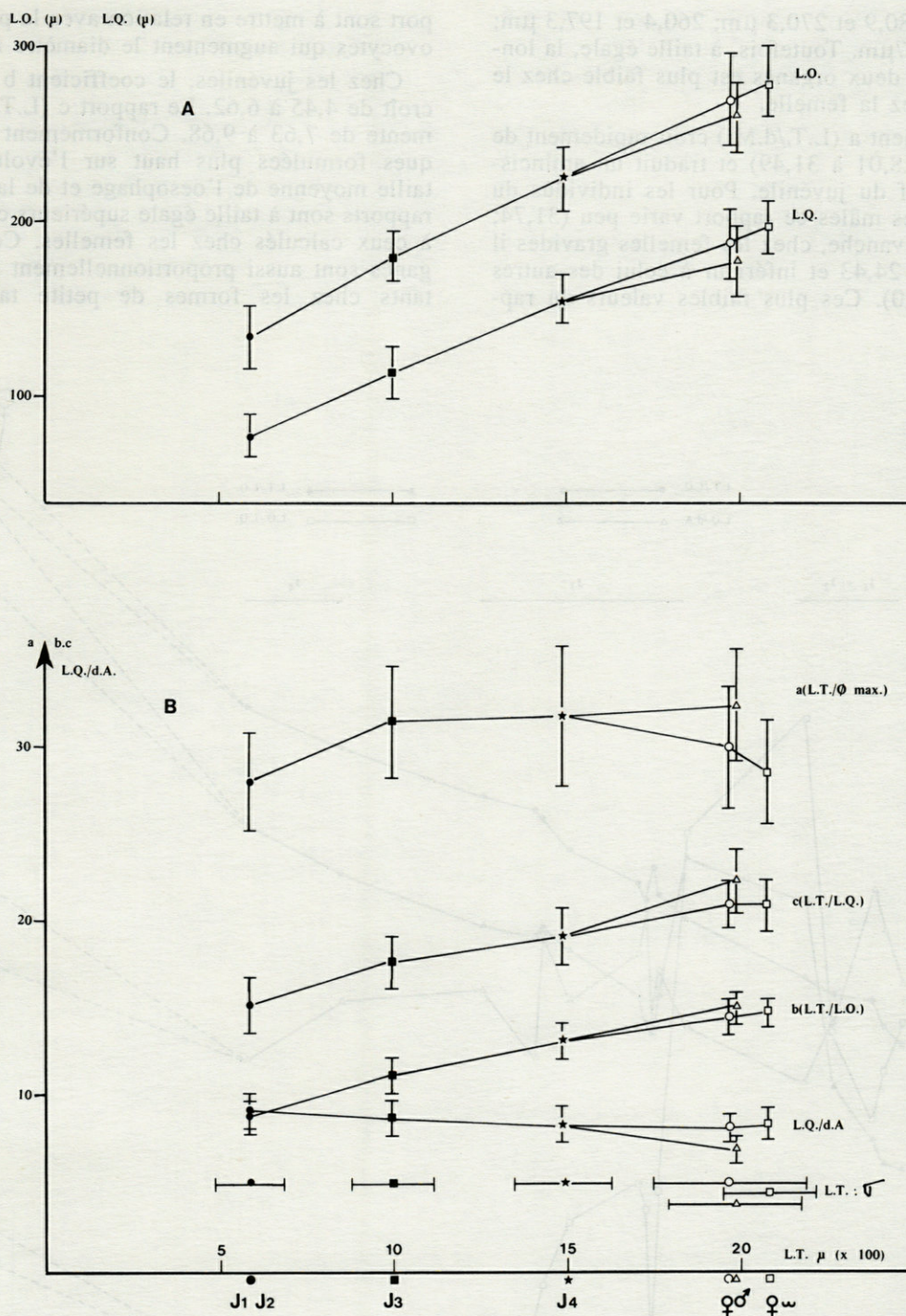


Fig. 2. - *Dorylaimopsis mediterranea*. Evolution des caractéristiques morphométriques des 3 groupes de juvéniles et des adultes. Les traits verticaux et horizontaux (L.T.) indiquent la valeur de l'écart type.
 Development of morphometrical characteristics (mean) for the 3 groups of juveniles and adults. The vertical and horizontal line (L.T.) are the standard deviation.

Il est aisé de constater (Fig. 2) que les valeurs moyennes des dimensions des divers organes et des coefficients sont liées à la longueur totale. Ainsi, pour des jeunes dont la taille moyenne varie de 594,2 µm à 1487,8 µm, la longueur moyenne de l'oesophage et de la queue croissent respecti-

vement de 133,6 à 224,9 µm et de 78,1 à 154,3 µm. Chez les adultes, la taille moyenne des femelles gravides (2077,7 µm) est supérieure à celle des autres femelles (1970 µm) ou des mâles (1981,1 µm). Les longueurs de l'oesophage et de la queue sont alors respectivement pour ces trois

groupes de 280,9 et 270,3 μm ; 260,4 et 197,3 μm ; 187,7 et 177,7 μm . Toutefois, à taille égale, la longueur de ces deux organes est plus faible chez le mâle que chez la femelle.

Le coefficient a (L.T./d.M.) croît rapidement de J1-J2 à J3 (28,01 à 31,49) et traduit un amincissement relatif du juvénile. Pour les individus du stade J4 et les mâles ce rapport varie peu (31,74; 32,63). En revanche, chez les femelles gravides il n'est que de 24,43 et inférieur à celui des autres femelles (30,0). Ces plus faibles valeurs du rap-

port sont à mettre en relation avec la présence des ovocytes qui augmentent le diamètre maximal.

Chez les juvéniles, le coefficient b (L.T./L.O.) croît de 4,45 à 6,62. Le rapport c (L.T./L.Q.) augmente de 7,63 à 9,68. Conformément aux remarques formulées plus haut sur l'évolution de la taille moyenne de l'oesophage et de la queue, ces rapports sont à taille égale supérieurs chez le mâle à ceux calculés chez les femelles. Ces deux organes sont aussi proportionnellement plus importants chez les formes de petite taille. Ainsi,

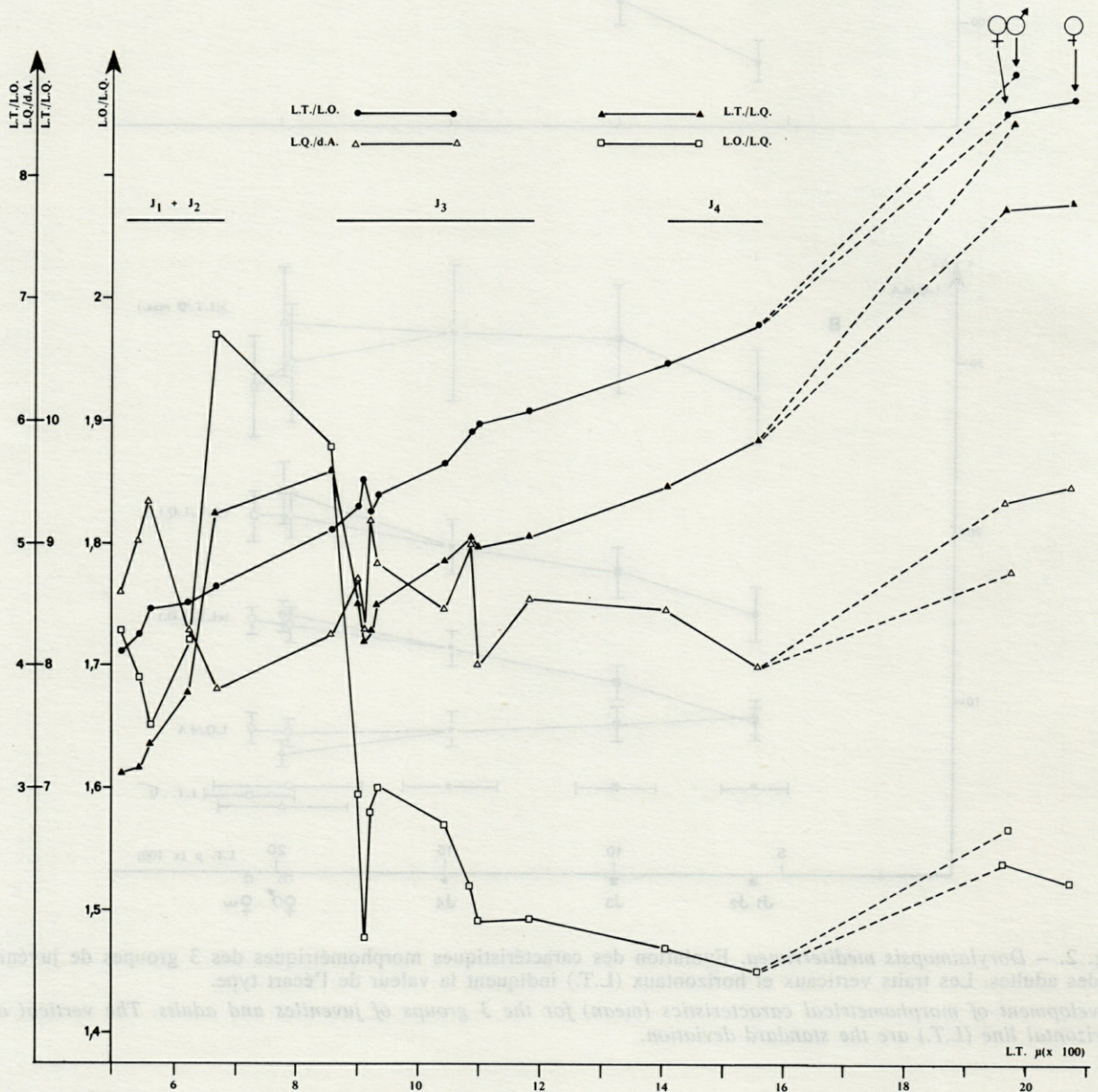


Fig. 3. - *Dorylaimopsis mediterranea*. Evolution des caractéristiques morphométriques des 16 principales formes fortes définies par la technique des Nuées Dynamiques et des adultes; les traits horizontaux indiquent à quel stade juvénile les formes fortes appartiennent.

Development of morphometrical characteristics (mean) for the 16 « formes fortes » isolated by the Dynamic Clusters Method and adults. The horizontal line indicate the juvenile stage of successive « formes fortes ».

l'oesophage constitue-t-il 22,5 % de la longueur de J1-J2 et seulement 15,1 chez J4. Le rapport L.O./L.Q. traduit l'importance relative de ces deux parties du corps. Il décroît de 1,71 (J1-J2) à 1,46 (J4) et demeure stable chez les adultes.

Le rapport L.Q./d.A. diminue régulièrement du premier groupe de larves (4,59) à J4 (4,19). Chez les deux catégories de femelles (4,12; 4,0) les valeurs sont proches de ce dernier chiffre. Chez les mâles le rapport est beaucoup plus bas (3,56) : le développement de l'appareil spiculaire entraîne un diamètre anal plus important et par conséquent un rapport moindre. La longueur moyenne des spicules est voisine de 200 μm ($m = 194,9 \mu\text{m}$) et proche de celle de la queue (L.Q./L.S. = 0,94). Leur grand développement explique que le rapport L.S./d.A. soit très élevé (3,86). Chez cette espèce la vulve est située vers le milieu du corps, un peu antérieurement ($V \% = 47,4$). On dénombre généralement de 11 à 22 ovocytes répartis également entre les deux ovaires. Il ne nous est toutefois pas possible de préciser si ce nombre doit être considéré comme définitif ou reflète à un moment donné, les capacités de maturation de l'ovaire. Il semble que les deux ovaires fonctionnent à peu près simultanément car nous trouvons de part et d'autre de la vulve un ovocyte mûr prêt à être expulsé. Nous n'observons qu'en deux occasions un seul ovocyte mûr dans un des deux ovaires. Il est vraisemblable que la ponte du second venait de se produire. L'ovocyte mûr est très cuticularisé, il se présente comme un cylindre grossièrement deux fois plus long que large. Sa longueur est comprise entre 61 et 95 μm ($m = 75,4 \mu\text{m}$), le diamètre entre 40 et 68 μm ($m = 48,2 \mu\text{m}$).

3.2. Variations morphométriques intra-stades

L'évolution régulière des caractéristiques biométriques moyennes dissimule l'hétérogénéité de détail propre à chacun des stades (Fig.3). Les formes fortes définies par la méthode des nuées dynamiques composent des ensembles très robustes et c'est en suivant les fluctuations de leurs caractéristiques moyennes que nous préciserons cette notion. Pour cela nous ne prendrons en compte que les 16 formes fortes qui comportent 10 individus ou plus. En effet, les juvéniles qui ne sont pas agrégés à d'autres doivent être considérés avec précaution. Leur isolement est dû à ce qu'ils constituent un cas « aberrant », soit naturel soit à la suite d'une erreur de mesure non flagrante susceptible d'échapper aux vérifications successives du fichier. Cette réserve ne concerne en fait que 48 jeunes soit 5,3 % de la population. Les résultats sont donc fondés sur l'observation de 859 juvéniles.

Le rapport L.T./L.O. croît régulièrement avec la taille de l'animal. Les deux premières formes

fortes de J1-J2 regroupent des individus petits et dotés d'un oesophage proportionnellement plus important. Le début du stade J3 est aussi marqué par un accident de la courbe.

Les autres graphes montrent des accidents plus marqués. Les rapports L.T./L.Q. et L.Q./d.A. traduisent l'évolution de la croissance de la queue. Elle est relativement plus grande au début des stades (notamment en J1-J2 et J3). Ultérieurement le reste du corps reprend de l'importance. Ce point est particulièrement net pour les dernières formes fortes de J1-J2 et de J3.

L'étude comparée de la croissance de l'oesophage et de la queue (rapport L.O./L.Q.) indique que l'oesophage est d'abord mieux développé que la queue. Ensuite, c'est cet organe qui s'allonge. Ultérieurement, l'oesophage reprend une importance proportionnellement plus grande. Cette succession se suit bien au sein des stades J1-J2 et J3. Les dernières formes fortes de J3 et celles de J4 montrent un allongement régulier de l'oesophage et de la queue. Cependant, au cours du dernier stade la queue serait relativement plus longue que l'oesophage mais, cette tendance ne se confirme pas à l'état adulte.

Bien qu'il soit possible de différencier morphométriquement les diverses catégories d'adultes, nous ne remarquons pas en J4 une ségrégation des formes fortes telle qu'il soit possible de relier les caractéristiques de certains juvéniles âgés à celles d'une catégorie donnée d'adulte.

4. DISCUSSION et CONCLUSIONS

Des critères relatifs à l'ornementation cuticulaire et l'observation de 11 formes à double amphides sont les seuls éléments qualitatifs susceptibles de contribuer à préciser les différents stades juvéniles. Les deux jeunes dépourvus de différenciation latérale et long de 295 et 375 μm sont inclus dans J1-J2. Les formes, où nous n'identifions avec certitude qu'une seule rangée de ponctuations, sont cantonnées à plus de 90 % dans le groupe J1-J2. Seuls trois individus à deux rangées en font aussi partie. Le groupe J3 contient donc majoritairement les formes à 2 rangées. Les individus avec l'ornementation cuticulaire la mieux développée sont en J4. Les organismes à double amphides sont répartis selon quatre ensembles. Le premier (2 formes) se tient entre 400 et 500 μm dans les petites dimensions de J1-J2. Le second (4 formes) est compris entre 730 et 820 μm lors du passage de J1-J2 à J3. Le troisième (3 formes) est compris entre 990 et 1050 μm . Les deux dernières formes sont dispersées en J4 et traduisent le transfert du dernier stade larvaire aux adultes.

La présence dans le premier groupe d'individus à double amphides ou dépourvus d'ornementation cuticulaire suggère une certaine hétérogénéité. Nous pensons qu'il inclut les jeunes des deux premiers stades, c'est pourquoi nous le notons J1-J2. Toutefois, le stade 1 marqué par une ornementation très réduite, voire inexistante, n'y serait que très peu abondant. Une explication serait que la durée du stade 1 soit très brève en regard de la fréquence de nos prélèvements et qu'il soit donc mal échantillonné. Ainsi, ce groupe J1-J2 doit donc être considéré comme composé majoritairement de juvéniles du stade 2.

Comme il l'a été remarqué pour d'autres Nématodes libres (de Bovée, 1983; Geraert, 1979a,b), les divers organes du juvénile de *Dorylaimopsis mediterranea* n'ont pas la même dynamique de croissance. Au début des premiers stades, l'oesophage croît d'abord plus rapidement que le reste du corps. Ensuite, un accroissement plus marqué de la queue est observé. Enfin, le reste du corps de l'animal s'allonge et la queue reprend de l'importance sur l'oesophage. Ces phases de croissance rapide sont surtout traduites par les formes fortes dont la variable longueur totale est inférieure à la taille moyenne du stade. Ce phénomène serait donc précoce, rapide et bref vis-à-vis de la durée totale du stade.

Il nous paraît évident qu'au plan individuel, en raisons d'ambiguïtés d'attribution et notamment dans les marges des distributions, telle ou telle forme n'a sans doute pas été affectée à son vrai stade. Elle demeure par ailleurs impossible à identifier. En dépit de cette réserve, les précisions que nous apportons sur la croissance des organes au sein de chaque groupe de juvénile (Fig.3), la position privilégiée de la plupart des individus en intermue, et la distribution nette des histogrammes de fréquence de taille (Fig.1) nous conduisent à admettre que les ensembles définis par la méthode des Nuées Dynamiques correspondent globalement à la réalité de chaque stade juvénile. Nous identifions donc un groupe J1-J2 (essentiellement composé de juvéniles du stade 2) où les individus, en plus de leurs caractéristiques biométriques, possèdent une cuticule peu ornentée dotée d'une différenciation latérale à une rangée de points. Les jeunes du stade 3 (J3) possèdent une ornementation à 2 rangées. Au stade 4 (J4), les juvéniles ont une morphologie externe proche de celle de l'adulte.

La possibilité d'affecter relativement facilement des individus jeunes à un stade précis de développement permet donc d'entrevoir pour cette espèce une approche simplifiée de l'étude des problèmes liés à l'évolution de ses structures démographiques. De plus, c'est une forme qui au plan taxonomique est aisément identifiable. L'ensemble de ces qualités devraient faire de *Dorylaimopsis mediterranea* un bon outil pour l'étude des processus

biologiques et des transferts énergétiques au sein des écosystèmes vaseux sublittoraux.

REMERCIEMENTS – Ce travail a été réalisé dans le cadre des recherches de L'Observatoire Océanologique de Banyuls (Université P.M. Curie Paris VI, URA 117 CNRS, INSU/TOAE). Nous tenons à remercier M. Ph. Albert pour son aide précieuse lors de la préparation du matériel biologique.

BIBLIOGRAPHIE

- ADDAD, 1985. Logiciel d'analyses des données. Version 08/85 Micro. 22 rue Charcot, 75013 Paris France.
- BOUCHER G., 1972. Redescription de neuf espèces de Nématodes libres marins de la baie de Banyuls-sur-Mer. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.* **40** (zool. 34) : 449-474.
- DE BOVÉE F., 1975. Etude morphométrique de *Dorylaimopsis mediterranea* Grimaldi de Zio, Nématode libre marin. *Vie Milieu* **25** (2A) : 215-226.
- DE BOVÉE F., 1975a. *Dorylaimopsis mediterranea* Grimaldi de Zio (Nematoda comesomatidae). Description d'une forme intersexuée. *Vie Milieu* **25** (2A) : 227-233.
- DE BOVÉE F., 1983. Identification des stades juvéniles de *Sabatieria proabyssalis* (Nematoda, Comesomatidae). *Vie Milieu* **33** (3/4) : 153-159.
- DE BOVÉE F., 1987. Saisie semi automatisée de paramètres biométriques. *Vie Milieu* **37** (1) : 21-22.
- DE BOVÉE F., 1987a. Cycle annuel de la méiofaune en zone sublittorale : vases terrigenes cotières. In : Colloque International d'Océanologie : Ecosystèmes des Marges Continentales. CIESM, Monaco, 69pp.
- DE BOVÉE F., 1988. Dynamique des peuplements méiobenthiques sublittoraux. II. Le peuplement des Nématodes libres marins. *Vie Milieu* **38** (2) : 115-122.
- DE BOVÉE F., L. GUIDI et J. SOYER, 1990. Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern Mediterranean (Gulf of Lions). *Continental Shelf Research* **10** (9-11) : 1123-1145.
- BROWN D.J.F. et B. BOAG, 1988. Morphometric variability and aberrations in nematode identification. In : Nematode Identification and Expert System Technology. Edit. R. Fortuner NATO ASI series. Series A, Life sciences, Plenum Press, Nex York; v. 162 : 185-200.
- DIDAY E., 1971. Une nouvelle méthode en classification automatique et reconnaissance des formes, la méthode des nuées dynamiques. *Rev. Stat. App.* **19** (2) : 19-33.
- GERAERT, E., 1979a. Growth and form in Nematodes : III Comparison of Oesophagus and body shape. *Nematologica* **25** (1) : 1-21.
- GERAERT, E., 1979b. Growth and form in Nematodes : IV Tail length and vulva position. *Nematologica* **25** (1) : 1-21.

- GERLACH S.A. et F. RIEMANN, 1973. The Bremerhaven Checklist of Aquatic Nematodes. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. suppl.* **1** : 1-404.
- GRIMALDI DE ZIO S., 1968. Una nuova specie die Nematodi Comesomatidae : *Dorylaimopsis mediterraneus*. *Boll. Zool.* **35** : 137-141.
- HEIP C., M. VINCX et G. VRANKEN, 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **23** : 399-489.
- SCHUURMANS-STECKHOVEN jr., 1950. The free-living marine Nematodes of the Mediterranean. I. The bay of Villefranche. *Mem. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg., 2è sér.* **37** : 1-220.
- TIETJEN J.H., 1977. Population distribution and structure of the free-living nematodes of Long Island Sound. *Mar. Biol.* **43** (2) : 123-136.
- VITIELLO P., 1974. Peuplements de nématodes marins des fonds envasés de Provence. I. Sédiments vaseux de mode calme et vases terrigènes côtières. *Ann. Inst. Océanogr.* **50** (2) : 145-172.
- VITIELLO P., 1976. Peuplements de nématodes marins des fonds envasés de Provence. II. Fonds détritiques envasés et vases bathyales. *Ann. Inst. Océanogr.* **52** (2) : 283-311.
- WARWICK ET BUCHANAN, 1970. The meiofauna off the coast of Northumberland. I. The structure of the nematode population. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **51** (2) : 355-362.
- WIESER W., 1953. Die Beziehung zwischen Mundoeh-
lengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei frei-
lebenden marinen Nematoden. *Ark. Zool.* **4** :
439-484.

Reçu le 23 avril 1990; received April 23, 1990
Accepté le 10 juillet 1990; accepted July 10, 1990

LA REPRODUCTION DE *GوبيUS NIGER* (PISCES, GOBIIDAE) DANS LA LAGUNE DE MAUGUIO – FRANCE

Rapports gonosomatiques, fécondités, ponte, œufs et larves

*Data about reproduction of Gobius niger (Pisces, Gobiidae)
in Brackish Lagoon of Mauguio – France : gonosomatic ratios,
fecundities, spawning, eggs and larvae*

J.-C. JOYEUX, J.-L. BOUCHEREAU, J.-A. TOMASINI

Laboratoire d'ichthyologie, Département d'aquaculture et d'halieutique,
Université de Montpellier II des sciences et techniques, place E. Bataillon,
34 095 Montpellier cedex 5, France

GوبيUS NIGER
GOBIIDAE
LAGUNE
MÉDITERRANÉE
REPRODUCTION

RÉSUMÉ – La population de *Gobius niger* Linné, 1758 de la lagune de Mauguio se singularise à maints égards des populations atlantiques de cette espèce et des autres Gobiidés longévifs européens étudiés à ce jour. En effet, la maturité sexuelle est atteinte dès la première saison de reproduction suivant la naissance et la période de ponte est très étendue : de mars-avril à août-septembre. Les grandes femelles continuent à pondre très tardivement. La fécondité par acte de ponte est importante, de 3300 à 37600 ovocytes selon la taille, et le nombre de pontes successives élevé, voisin de six ou huit. Comparativement aux données d'autres auteurs, les œufs et les larves sont petits. Enfin, la présence de mâles parasites (= sneakers) est très probable et la tactique du vol de ponte semble liée à la jeunesse des reproducteurs et au faible nombre de sites convenant à la reproduction. Les conditions climatiques et biotiques du milieu expliquent les différences constatées entre les secteurs atlantique et méditerranéen.

GوبيUS NIGER
GOBIIDAE
LAGOON
MEDITERRANEAN SEA
REPRODUCTION

ABSTRACT – In brackish lagoon of Mauguio, more than three thousand *Gobius niger* Linné, 1758 were caught, with a fixed fishing-net, between April and July 1986, and February 1989 and November 1989. All fishes were sexed, measured (total length) and weighed. Gonads were also weighed, without seminal vesicles for males. Length at first maturity and the duration of the breeding season were determined by examining gonosomatic ratios. Absolute and relative fecundities were estimated for 122 females during the 1989 reproductive season. The reproduction period of the black goby population of Mauguio lagoon is very long, extending from March-April to August-September, and the fish mature at a young age : during the first breeding season after their birth. Largest females continue to spawn after smaller ones have stopped. Absolute fecundities are high, from 3300 to 37600 oocytes per batch according to body size, and the number of broods per female in a season is estimated at six or eight. Eggs and larvae are small, compared data from other authors. The presence of sneakers (= parasitic males) is very probable and seems to depend on the presence of young spanwers and the low number of breeding sites. All these facts characterize lagoonal population compared with Atlantic populations of this species and to other long-lived cryptobenthic species of Gobiidae that have been studied. Lagoonal biotic and climatic conditions explain the differences in biology observed between the Atlantic and Mediterranean sectors.

INTRODUCTION

Le Gobie noir, *Gobius niger* Linné, 1758 est un petit Téléostéen pouvant atteindre l'âge de 4 à 5 ans (Vaas *et al.*, 1975; Fabi & Giannetti, 1984; Nash, 1984; Vesey & Langford, 1985; Doornbos & Twisk, 1987; Joyeux *et al.*, a, sous presse). Présent sur les côtes atlantiques de la Norvège à la Mauritanie, il vit aussi dans toute la Méditerranée et la mer Noire (Miller, 1986). Laguno-côtier, il est fréquemment pêché sur les côtes méditerranéennes françaises et tout particulièrement dans les lagunes.

Peu de travaux lui ont été consacrés. En Méditerranée, la croissance (Fabi & Giannetti, 1984; Joyeux *et al.*, a, sous presse), l'alimentation (De Casabianca & Kiener, 1969; Fabi & Frogliola, 1983; Joyeux *et al.*, 1991) et le développement embryonnaire (Ballard, 1969) ont fait l'objet de brèves études. Quant à la reproduction, elle n'a été abordée qu'en Atlantique par le biais du rapport entre masse des gonades et masse corporelle (rapport gonosomatique=RGS) des femelles (Le Menn, 1974; Nash, 1984). Il n'existe aucune étude sur les variations du RGS en fonction de la taille des individus. La fé-

condité a été abordée de manière très succincte par Ballard (1969) et Vesey & Langford (1985). La fréquence des pontes en Méditerranée est inconnue.

Il nous a donc paru important d'étudier le cycle sexuel et la fécondité de cette espèce dans un secteur méditerranéen tout à fait particulier, très peu profond et euryhalin.

LE MILIEU

La lagune de Mauguio (Fig. 1) a été décrite à plusieurs reprises (Quignard *et al.*, 1983 et 1984). Rappelons sa surface, 3100 ha, sa faible profondeur (maximum 1,30 m), la nature limono-sableuse à sablo-vaseuse du fond, la quasi-absence d'herbiers et de rochers, et la grande variabilité spatio-temporelle de la salinité (5 à 37 ‰). Par ailleurs, du fait des conditions climatiques de la région languedocienne et de ses propres caractéristiques physico-chimiques et biotiques (profondeur, richesse en matières organiques), la lagune est parfois soumise à des crises dystrophiques ou éoliennes importantes.

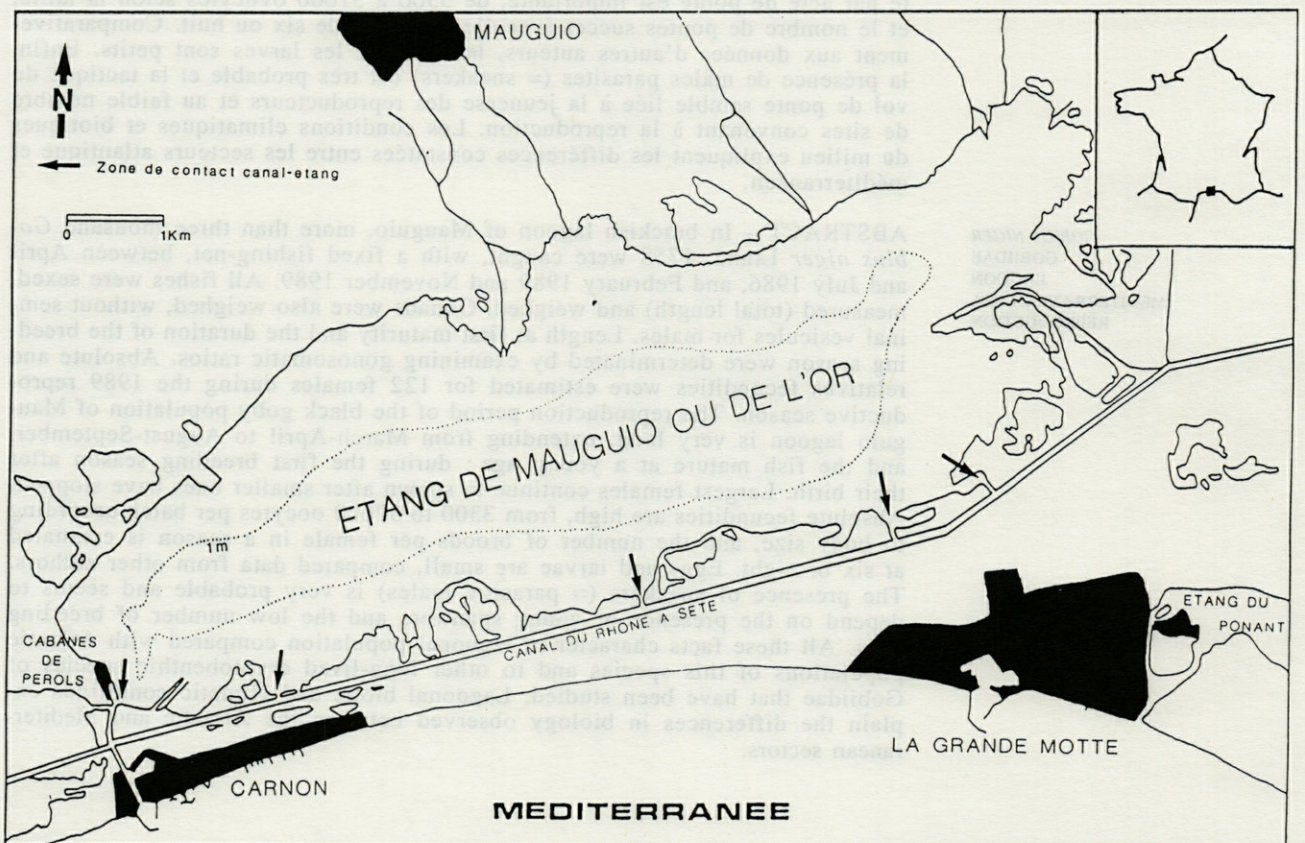


Fig. 1. – La lagune de Mauguio : situation géographique et bathymétrie.
The brackish lagoon of Mauguio : geographic situation and bathymetry.

Dans ce milieu saumâtre, le Gobie noir cohabite, de façon plus ou moins constante, avec 2 autres espèces de Gobiidés, de plus petite taille et à courte durée de vie (1 à, très rarement, 2 ans) : *Pomatoschistus microps* et *P. minutus*, toutes deux très abondantes (Quignard *et al.*, 1989). La 1^{ère} est sédentaire alors que la seconde effectue une migration reproductrice vers la mer (Bouchereau *et al.*, 1989 et 1990).

Comme la plupart des autres Gobies, *G. niger* présente un comportement nidificateur. La ponte s'effectue sur un substrat dur qui est assez rare dans la lagune et localisé à la périphérie des canaux ou des ports aménagés. Ceci pourrait induire une certaine compétition avec *P. microps* et, surtout, la Blennie *Lipophrys pavo* (Risso, 1810), qui ont les mêmes exigences pour pondre.

MÉTHODES

Entre mars et juillet 1986 d'une part, et février et novembre 1989 d'autre part, un échantillonnage, au moins hebdomadaire, a été effectué à l'aide d'un filet fixe, la capéchade, sorte de grand verveux (Quignard & Farrugio, 1981) à maille de 4 à 10 mm. Sauf exception, ces filets sont levés tous les jours, en début de matinée. Tous les Gobies noirs récoltés et ramenés au laboratoire (1594 individus en 1986 et 1496 en 1989) ont été étudiés immédiatement ou congelés pour traitement ultérieur.

Après sexage, on a mesuré la longueur totale (Lt) au mm inférieur, pesé l'animal entier (Mb) puis disséqué chaque individu. On a pesé la masse des gonades (Mg). Ces mesures ont été effectuées au cg en 1986 et au mg en 1989 après changement de matériel de pesée. Dans le cas des mâles, seuls les testicules ont été pesés, les vésicules séminales ayant toujours été enlevées. On a ensuite calculé la masse somatique (Ms=Mb-Mg) des femelles pêchées en 1989 afin de déterminer les fécondités relatives.

Le rapport gonosomatique brut (RGSb = 100Mg/Mb) de chaque individu a été calculé.

La période de reproduction et les tailles de première maturité sexuelle ont été déterminées d'après les valeurs des RGSb individuels et l'aspect macroscopique des gonades.

La fécondité a été établie chez 122 femelles de 54 à 122 mm, pêchées entre mars et novembre 1989. Les ovocytes intragonadiques de plusieurs femelles ont été mesurés au micromètre, dans leur plus grande longueur, afin de connaître la distribution de fréquence de leurs tailles. La fécondité absolue par acte de ponte, F, et la fécondité relative, c'est-à-dire par unité de masse somatique, Fs=F/Ms, ont été estimées par comptage des ovo-

cytes de grande taille susceptibles d'être émis au cours du prochain acte de ponte.

Le comptage et les mensurations ont été réalisés sur une fraction ovarienne de masse connue, après libération des ovocytes de la trame conjonctivo-épithéliale par dilacération et séjour de plusieurs heures dans du liquide de Gilson. Le prélèvement a toujours été effectué au même endroit de l'ovaire. Le nombre d'ovocytes compté dans la fraction a ensuite été rapporté à la masse totale (Mg) de l'ovaire.

Les régressions linéaires simples ou multiples ont été calculées pour les diverses fécondités individuelles (F et Fs) en fonction de la taille (Lt) et du mois de pêche (M). A chacun a été attribué son numéro d'ordre dans l'année (mars=3, avril=4, etc...). Rappelons que le carré du coefficient de corrélation, simple ou multiple, correspond au pourcentage d'explication apporté à la régression par la, ou les, variable(s) explicative(s). Dans le cas des régressions multiples, le carré du coefficient de corrélation partiel pour une variable donnée correspond au pourcentage expliqué de la fraction non expliquée par la régression quand l'autre variable est fixée (Scherrer, 1984).

Pour étudier la fréquence des pontes et la durée d'incubation des œufs, un élevage a été réalisé. Pour ce faire, des Gobies noirs de petite taille, 50 à 60 mm Lt, nés en 1987 et pêchés en novembre de la même année, ont été maintenus en aquarium. 2 d'entre-eux se sont reproduits au cours de l'année 1989.

Les œufs obtenus en lagune ainsi que les larves ont été mesurés au micromètre sous loupe bino-culaire.

Pour comparer avec les données obtenues par d'autres auteurs, on peut utiliser les relations entre longueur totale et longueur standard (Lst) calculées pour les 2 sexes confondus à partir d'individus de la lagune de Mauguio :

$$Lst=0,757.Lt + 1,868 \quad r=0,994n=250$$

$$Lt=1,305.Lst - 1,391$$

$$\text{validité : } 54 < Lt < 136 \text{ et } 42 < Lst < 104$$

RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Période de reproduction

Dès février 1989, certains individus, tant mâles que femelles, présentent des gonades en développement, mais aucun des Poissons échantillonnés n'est mûr. Les RGSb des 38 femelles examinées sont inférieurs à 10 % (Tabl. IA). La saison de ponte 1989 a débuté courant mars. Les RGSb maximums sont alors voisins de 20 %, comme pour les mois suivants et une femelle disséquée

Tabl. I. – A, Rapports gonosomatiques moyens mensuels et maximums des mâles et des femelles *Gobius niger* au cours des années 1986 et 1989. σ = écart-type. B, Fécondité absolue et relative de *G. niger* : moyennes, maximums et minimums. σ = écart-type.

A, Monthly gonosomatic ratios, means and maxima, of males and female *Gobius niger* in 1986 and 1989. σ = standard-error. B, Absolute and relative fecundities of *G. niger* : means, maximums and minimums. σ = standard-error.

Moy			Mois	Moy		
σ				σ		
Mâles				Femelles		
Max				Max		
1986						
0,48	0,21	0,87	févr.	1,12	0,50	1,63
0,91	0,65	3,91	mars	3,40	3,48	17,12
1,20	0,64	4,90	avril	11,99	5,32	20,93
0,95	0,73	4,17	mai	9,19	5,85	22,26
0,94	0,50	2,99	juin	10,21	4,89	18,66
0,88	0,65	3,89	juillet	8,73	4,71	19,92
0,79	0,32	1,51	août	7,74	4,60	13,73
0,39	0,28	1,17	sept.	4,75	4,83	18,71
0,29	0,24	0,80	oct.	0,75	0,29	1,35
0,40	0,21	1,07	nov.	0,86	0,38	1,84
1989						
0,52	0,32	1,37	févr.	1,71	1,99	9,52
0,74	0,33	2,08	mars	6,66	6,78	21,72
0,94	0,79	4,50	avril	8,47	6,03	20,68
0,85	0,64	3,93	mai	8,70	5,52	25,22
0,85	0,53	2,72	juin	9,98	5,69	21,66
0,96	0,46	2,07	juillet	10,23	5,80	22,11
1,07	0,50	2,50	août	11,38	6,25	22,53
0,57	0,43	1,47	sept.	5,89	6,46	20,05
0,36	0,24	1,45	oct.	2,00	3,70	17,64
0,34	0,22	1,40	nov.	0,77	0,96	8,17

A

	Lt (mm)	F	Fs
minimum	54	3 319	972
maximum	122	37 625	3 882
moyenne	81,84	14 614	2 139
σ	14,22	7 335	595

B

présentait des ovocytes en voie de vitellogénèse avancée et quelques ovocytes résiduels en régression qui sont vraisemblablement l'indice d'une ponte précédente.

A partir de septembre, seule une partie, de moins en moins importante, de la population continue à pondre. La dernière femelle pour laquelle une émission d'ovocytes semblait possible fut pêchée courant novembre (RGSb=8,17 %)(Tabl. IA), mais une ponte aussi tardive semble exceptionnelle.

Le maximum de reproduction se situe donc d'avril à août, même si certains individus pondent dès mars ou jusqu'en septembre ou octobre.

La saison de reproduction semble donc un peu plus précoce et surtout plus longue en Méditerranée qu'en Atlantique et dans la zone Nord de l'aire de répartition puisque, d'après les RGS moyens mensuels des femelles, Le Menn (1979), Vaas *et al.* (1975), Nash (1984) et Vesey & Langford (1985) estiment qu'elle ne s'étend que sur 2 ou 3 mois et ne débute qu'en avril, ou même mai en Norvège. Padoa (1953) et Ballard (1969) situent le commencement de la ponte en mars en mer Tyrhénienne.

L'arrêt tardif de la ponte en Méditerranée est un phénomène remarquable, tout comme l'arrêt précoce en Atlantique. Les conditions climatiques hivernales, très différentes entre les 2 secteurs, en sont la cause. Elles nécessitent en effet, dans la

zone atlantique, un stockage important de réserves pour assurer la survie à l'hiver. Ces impératifs vitaux ne se retrouvent que peu dans notre région : les hivers sont relativement doux et les températures automnales et printanières, ainsi que la richesse nutritive du milieu (Joyeux *et al.*, 1991), permettent une alimentation importante et tardive, pour des besoins énergétiques hivernaux plus réduits qu'en Atlantique.

Ainsi, le Gobie noir, qui ne s'alimente plus à des températures inférieures à 10°C environ (Dolique, 1958), ne subit dans Mauguio l'influence hivernale que 2 à 4 mois par an (C.E.M.A.G.R.E.F., 1989). En Hollande et en Norvège en revanche (Vaas *et al.*, 1975; Nash, 1984), la préparation physiologique indispensable pour affronter cette période, qui dure 6 mois ou plus, dont 4 de gel dans la station la plus nordique, oblige les animaux à cesser de se reproduire précocement : c'est lorsque les températures sont les plus élevées qu'ils privilégient l'alimentation et l'engraissement, au détriment de la reproduction en vue d'affronter l'hiver et d'assurer le début de la maturation.

B. Taille et âge de première maturité

Les plus petits individus susceptibles de se reproduire, d'après les RGSb, au début de la saison de ponte (mars-mai 1989) ont des tailles voisines de 55 mm. Le plus petit mâle mûr a une longueur de 54 mm (avril, RGSb=4,50). La plus petite femelle mesure la même taille (mai, RGSb=18,57). Cependant, d'après les données acquises en 1986, cette première maturité peut être atteinte à des tailles nettement inférieures : nous avons recensé 2 mâles de 43 mm présentant des RGSb de 3,66 et 4,17 % (mai) et 2 femelles de 48 mm mûres ou en voie de l'être (mars, RGSb=9,15 %; mai, RGSb=13,46 %).

Les jeunes *Gobius niger* de Mauguio sont adultes dès le début de la saison de ponte qui suit leur naissance et sont donc alors âgés de 7 à 13 mois.

Ces données ne peuvent être comparées qu'avec celles obtenues en Angleterre par Vesey & Langford (1985), qui indiquent une taille de première maturité de 50 mm Lt pour les 2 sexes. Dans le même secteur, Miller (1961) fournit une taille voisine de 50 mm Lst, soit 62 mm Lt, pour *Gobius paganellus*, espèce très semblable, de taille et de biologie comparables à celles de *G. niger*. Cependant, dans les 2 cas, pour ces tailles équivalentes aux nôtres, les individus pêchés en Angleterre sont âgés de 2 ans, donc nettement plus âgés qu'en Méditerranée.

C. Rapports gonosomatiques et taille des femelles

Comme nous l'avons signalé, dès février 1989, certaines femelles présentaient des ovaires en maturation (Tabl. IA), mais ce phénomène ne semble lié ni à la taille, ni à l'âge.

Dès mars, et surtout avril, (Tabl. IA) et jusqu'en juillet, toute la population est en reproduction. Au niveau individuel, les phases de maturation, de ponte et de rematuration de nouvelles vagues oocytaires semblent se succéder rapidement. La distribution des RGSb est totalement indépendante de la taille, quel que soit le mois.

En août 1989 apparaît une structure particulière de la répartition des RGSb. En effet, les femelles de petite taille, d'une longueur inférieure à 70 mm s'arrêtent de pondre, les ovaires sont en post-ponte et le RGSb est faible. Ce phénomène n'est pas dû au recrutement de jeunes individus immatures, nés au cours de cette saison de reproduction, dans l'échantillonnage, le recrutement 1989 débutant en oct. et ne concernant alors que les animaux d'une taille inférieure ou voisine de 70 mm. Le phénomène s'amplifie en sept. et est toujours très marqué en oct. et nov.. La diminution des RGSb est essentiellement due à l'arrêt de la vitellogénèse et à des phénomènes d'atrésie au niveau des ovaires à partir d'août et, surtout, de sept..

En réduisant les dépenses énergétiques et en facilitant l'ingestion des proies, donc l'accumulation de réserves, l'arrêt précoce de la ponte permet une meilleure survie hivernale des jeunes individus. A l'inverse, les grands individus résistent mieux au froid, du fait du rapport volume/surface, et peuvent pondre plus tardivement. Quant aux plus vieux et plus grands individus, leurs chances de survie étant faibles, il est plus avantageux au niveau populationnel d'investir dans une ponte tardive que d'espérer atteindre une hypothétique nouvelle période de reproduction. D'ailleurs, une forte mortalité post-ponte a été suggérée par Vesey & Langford (1985).

La persistance d'une activité reproductrice des grandes femelles en fin de saison et son arrêt « précoce » chez les petits individus favorise donc le maintien d'une bonne reproduction d'une année à l'autre.

D. Rapports gonosomatiques et taille des mâles

Comme chez tous les Poissons mâles nidificateurs, le développement des testicules est peu important chez *G. niger*. Il est en effet rarement supérieur à 2 %, quelle que soit la période de l'année. Pourtant, malgré les faibles masses gonadiques, on peut noter qu'entre mars et juillet 1986 (Fig. 2a) d'une part et avril et mai 1989 (Fig. 2b) d'autre part, un certain nombre de petits mâles, d'une taille inférieure à 65 mm, présentent des

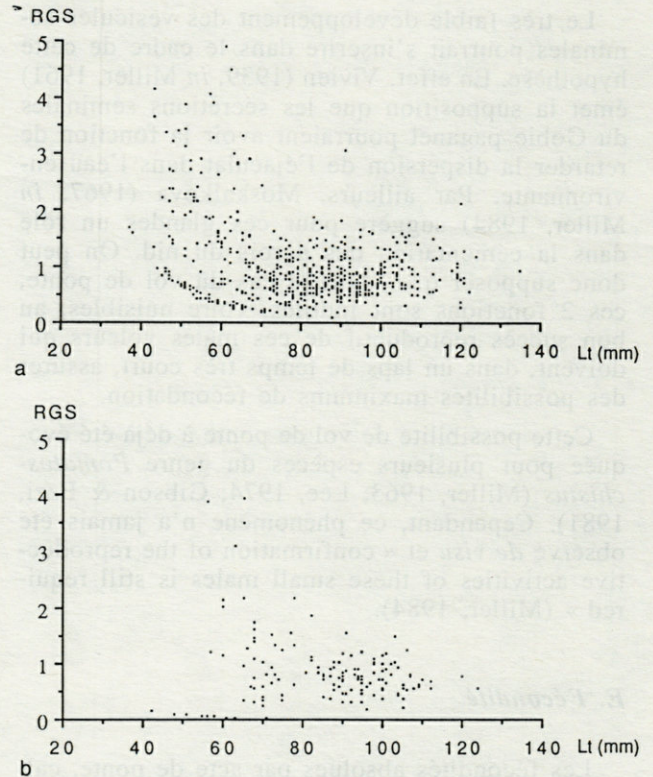


Fig. 2. – Rapports gonosomatiques individuels en fonction de la taille des mâles *Gobius niger*. a, mars à juillet 1986. b, avril-mai 1989.

Individual gonosomatic ratios according to size of males Gobius niger. a, March to July 1986. b, April and May 1989.

RGS très importants, souvent 2 fois plus élevés que ceux des autres mâles. A ces testicules très développés correspondent toujours des vésicules séminales très petites ou « absentes ».

Cette disparité des RGS des mâles a été observée chez plusieurs espèces de Labres méditerranéens du genre *Symphodus* par Lejeune (1985) et Bentivegna & Benedetto (1989). Dans ce cas, les mâles de petite taille et à gonades très développées correspondent à des individus non nidifiants pratiquant le vol de ponte (sneaking reproduction). On peut donc supposer que ce comportement existe aussi chez *G. niger*. Il est probable que ces animaux, compte tenu de leur taille, effectuent leur première saison de ponte. N'étant pas compétitifs vis-à-vis des autres mâles du fait de leur petite taille (Lindström, 1988; Torricelli et al., 1988; Magnhagen & Kvarnemo, 1989), ils compenseraient leur incapacité à conquérir des femelles et à conserver un nid par la tactique du vol de ponte. De plus, chez les Labres présentant ce comportement, le nombre de mâles interférentiels (= parasites) varie proportionnellement à la densité de peuplement (Lejeune, 1985). Il est donc possible que le faible nombre de sites favorables à la nidification joue un rôle important dans le développement et le maintien d'un tel comportement en induisant une forte concentration locale de reproducteurs.

Le très faible développement des vésicules séminales pourrait s'inscrire dans le cadre de cette hypothèse. En effet, Vivien (1939, in Miller, 1961) émet la supposition que les sécrétions séminales du Gobie paganel pourraient avoir la fonction de retarder la dispersion de l'éjaculat dans l'eau environnante. Par ailleurs, Moskalkova (1967, in Miller, 1984) suggère pour ces glandes un rôle dans la cémentation des parois du nid. On peut donc supposer que, dans le cas du vol de ponte, ces 2 fonctions sont inutiles, voire nuisibles, au bon succès reproductif de ces mâles voleurs qui doivent, dans un laps de temps très court, assurer des possibilités maximums de fécondation.

Cette possibilité de vol de ponte à déjà été évoquée pour plusieurs espèces du genre *Pomatoschistus* (Miller, 1963; Lee, 1974; Gibson & Ezzi, 1981). Cependant, ce phénomène n'a jamais été observé *de visu* et « confirmation of the reproductive activities of these small males is still required » (Miller, 1984).

E. Fécondité

Les fécondités absolues par acte de ponte, calculées pour les 122 femelles étudiées, sont comprises entre 3319 et 37625 ovocytes (Tabl. IB). Il est difficile de les comparer avec les données fournies, pour le Gobie noir, par Vesey & Langford (1985) : 700 et 2000 ovocytes, et par Ballard (1969) : jusqu'à 60000 œufs, puisque celles-ci sont fondées sur l'observation de 3 individus seulement. Notons cependant que chez les espèces les plus écobiologiquement proches, *G. paganel* et *G. cobitis* (Miller, 1961; Gibson, 1970), les fécondités sont beaucoup plus faibles que celles que nous avons déterminées pour *G. niger* dans Mauguio.

La relation entre taille et fécondité absolue peut être décrite par une équation du type $y=ax+b$, mais l'équation $y=ax^b$ s'ajuste de manière plus satisfaisante aux données de la population de Mauguio :

$$F = 425,1.Lt-20177,7$$

$$r = 0,824$$

$$F = 0,076.Lt^{2,740}$$

$$r = 0,861$$

La fécondité relative est élevée (Tabl. IB). Pour un gramme de masse somatique, une femelle est susceptible de pondre entre 972 et 3882 ovocytes. Cette fécondité relative diminue avec la taille, comme l'indique l'exposant de Lt (Tabl. IIB), c'est-à-dire que le gain de masse n'induit pas un gain reproductif proportionnel.

Ces fécondités, tant absolue que relative, sont très supérieures à celles enregistrées chez *G. niger* en Angleterre ou chez d'autres Gobies longévifs subcryptobenthiques (Miller, 1961 et 1979; Gib-

son, 1970; Vesey & Langford, 1985). Elles sont à rapprocher de celles des petits Gobiidés épibenthiques tels *P. microps* ou *P. minutus* (Lee, 1974; Miller, 1979; Bouchereau *et al.*, 1989 et 1990; Rogers, 1989) et *P. canestrinii* ou *K. panizzae* (Gandolfi *et al.*, 1981-1982; Gandolfi & Torricelli, 1985).

Cette fécondité élevée semble être une des réponses qui permettent le maintien de la population dans Mauguio face à une mortalité importante due à la prédation et, surtout, aux crises dystrophiques (chaleur, manque d'oxygène) et éoliennes (mouvements d'eau, turbidité). Pourtant, cette tactique ne permet pas un développement important de la population, contrairement à l'espèce sympatrique *P. microps* (Quignard *et al.*, 1989) qui déploie une tactique similaire. La différence constatée entre les deux espèces peut être due au fait que la capacité d'accueil des œufs semble être un facteur limitant, le nombre de sites de ponte convenant à *G. niger* étant faible dans la lagune.

G. Variation des fécondités au cours de la saison de ponte

La prise en considération de la date, en plus de la taille, permet de décrire plus précisément la fécondité absolue (Tabl. IIA). Il y a augmentation de la fécondité, à taille constante, au cours de la saison de ponte (mars-août), ce qui avait déjà été noté pour *P. minutus* en Atlantique par Healey

Tabl. II. A, Relations entre fécondité absolue, taille et date de pêche chez *G. niger*. F = fécondité absolue; LT = taille en mm et M = mois. B, Relations entre fécondité relative, la taille et la date de pêche chez *G. niger*. Fs = fécondité relative; LT = taille en mm et M = mois. C, Nombre de vagues ovocytaires en maturation, exprimé en pourcentage, observé chez les femelles *G. niger* au cours de la saison de ponte.

A, Relationships between absolute fecundity, size and date for *G. niger*. F = absolute fecundity; LT = total length and M = month. B, Relationships between relative fecundity, size and date for *G. niger*. Fs = relative fecundity; LT = total length in mm and M = month. C, Number of oocyte waves in maturing process, expressed as a percentage, observed in females *G. niger* throughout the breeding season.

Période	Relation	R multiple	R ² partiel	
			Lt	Mois
mars-nov.	F=Lt ^{2,635} M ^{0,289} 0,072 (n=122)	0,877	0,742	0,110
mars-août	F=Lt ^{2,690} M ^{0,376} 0,049 (n=110)	0,893	0,778	0,168
août-nov.	F=Lt ^{1,893} M ^{1,101} 39,55 (n=33)	0,682	0,414	0,151

Période	Relation	R multiple	R ² partiel	
			Lt	Mois
mars-nov.	Fs=Lt ^{-0,593} M ^{0,320} 15 848 (n=122)	0,465	0,138	0,144
mars-août	Fs=Lt ^{-0,547} M ^{0,429} 10 943 (n=110)	0,537	0,138	0,224
août-nov.	Fs=Lt ^{-1,045} M ^{1,422} 50,85.10 ⁵ (n=33)	0,610	0,196	0,252

nb d'individus nb de vagues	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.	TOTAL
	12	17	19	29	12	20	6	6	1	122
2	-	11,8	21,0	13,8	25,0	5,0	-	-	-	10,7
3	100,0	70,6	68,4	72,4	58,3	90,0	83,3	66,7	100,0	77,0
4	-	-	-	6,9	16,7	-	-	-	-	7,4

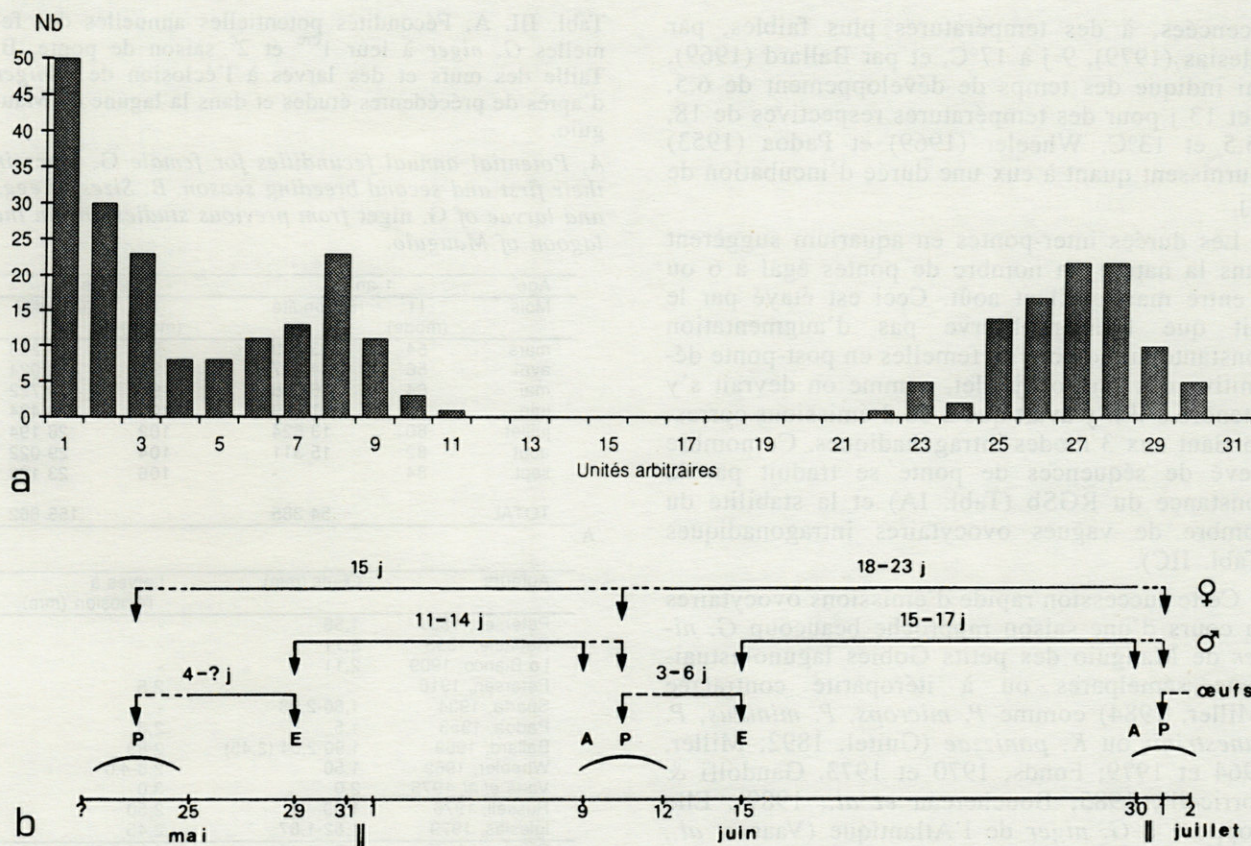


Fig. 3. — a, Distribution de fréquence des longueurs des ovocytes intragonadiques d'une femelle *G. niger* type (26/7/1989). 10 unités arbitraires = 256,4 μm . b, Schéma séquentiel des phases reproductrices de *G. niger* en captivité. Au-dessus des lignes pleines sont indiqués les intervalles de temps, en jours (j), séparant deux évènements consécutifs; A : attente du mâle dans le nid; P : ponte; E : éclosion.

*Length frequency distribution of intragonadic oocytes from a typical female G. niger (1989/7/26). 10 arbitrary units = 256,4 μm . b, Sequential schema of reproductive phases of *G. niger* in captivity. On the top of solid lines are given time intervals, in days (j), between two consecutive events; A : waiting by male in the nest; P : spawning; E : hatching.*

(1971), puis diminution en fin de saison, entre août et novembre.

L'évolution de la fécondité relative (Tabl. IIB) est similaire à celle de la fécondité absolue. Elle augmente, à taille constante, de mars à août pour diminuer ensuite progressivement jusqu'à la fin de la saison de ponte, en octobre.

H. Fréquence et nombre de pontes

La distribution des tailles des ovocytes intraovariens (Fig. 3a) est, comme en Atlantique (Le Menn, 1979), polymodale, ce qui est caractéristique des pontes séquentielles. Ce schéma se retrouve chez la plupart des Gobiidés (Miller, 1984). Sur les 122 femelles dont nous avons estimé les fécondités, 10,7 % présentaient 2 vagues ovocytaires en maturation, en plus du stock de très petits ovocytes; 77,0 % en présentaient et 7,4 % quatre, le nombre de lots n'ayant pu être précisément déterminé chez les 4,9 % restantes. Cette répartition

est stable au cours de la saison de ponte (Tabl. IIC).

Au vu du nombre de lots d'ovocytes en maturation, on peut s'attendre à un nombre au moins égal de pontes. Ceci a été confirmé en élevage pour 2 *G. niger* âgés de 23-27 mois et mesurant entre 90 et 110 mm.

Le schéma séquentiel de la reproduction de ces 2 animaux (Fig. 3b) montre que les pontes successives sont séparées de 2,5 à 3 semaines. Ce phénomène est très différent de celui enregistré en Atlantique car Le Menn (1979) signale qu'une fois la première vague ovocyttaire émise, tous les ovocytes restants, quel que soit leur stade, entrent en atresie.

Il n'y a pas coïncidence entre la période inter-ponte de la femelle et le temps de développement des œufs, beaucoup plus court. Le mâle réoccupe le nid 11 à 17 j après l'éclosion. Le développement des embryons est rapide et s'effectue en 3 à 6 j, ou un peu plus, à des températures variant entre 19 et 27°C. Ces durées sont plus courtes que celles

recencées, à des températures plus faibles, par Iglesias (1979), 9 j à 17°C, et par Ballard (1969), qui indique des temps de développement de 6,5, 8 et 13 j pour des températures respectives de 18, 15,5 et 13°C. Wheeler (1969) et Padoa (1953) fournissent quant à eux une durée d'incubation de 7 j.

Les durées inter-pontes en aquarium suggèrent dans la nature un nombre de pontes égal à 6 ou 8 entre mars-avril et août. Ceci est étayé par le fait que l'on n'observe pas d'augmentation constante du nombre de femelles en post-ponte définitive dès juin ou juillet, comme on devrait s'y attendre s'il n'y avait que 2 ou 3 émissions correspondant aux 3 modes intragonadiques. Ce nombre élevé de séquences de ponte se traduit par la constance du RGSb (Tabl. IA) et la stabilité du nombre de vagues ovocytaires intragonadiques (Tabl. IIC).

Cette succession rapide d'émissions ovocytaires au cours d'une saison rapproche beaucoup *G. niger* de Mauguio des petits Gobies laguno-estuariens semelpares ou à itéroparité contractée (Miller, 1984) comme *P. microps*, *P. minutus*, *P. canestrinii* ou *K. panizzae* (Guitel, 1892; Miller, 1964 et 1979; Fonds, 1970 et 1973. Gandolfi & Torricelli, 1985; Bouchereau *et al.*, 1989). Elle l'oppose à *G. niger* de l'Atlantique (Vaas *et al.*, 1975; Le Menn; 1979) ou de l'Adriatique (Fabi & Giannetti, 1984) et à d'autres espèces itéropares longévives telles *G. paganellus*, *G. cobitis*, *Thorogobius ephippiatus*, *Lesueurigobius friesii* ou *Padogobius martensi* (Miller, 1961 et 1979; Gibson, 1970; Nash, 1982; Gandolfi & Torricelli, 1985). En effet, ces animaux n'effectuent qu'un seul acte de ponte par saison, exceptionnellement deux. Les caractéristiques climatiques et biotiques du milieu semblent être à l'origine de cette particularité. En effet, le nombre de pontes et leur fréquence sont sous la dépendance de facteurs proximaux (Munroe & Lotspeich, 1979) comme la température et la quantité de nourriture disponible (Guitel, 1892).

En tenant compte du nombre de pontes supposé, de la fécondité par acte en fonction de la taille et du mois, de la croissance de ces individus au cours de la période de reproduction et de l'étendue de celle-ci, les fécondités potentielles annuelles moyennes des femelles à leur 1^{ère} et 2^e saison de ponte (Tabl. IIIA) peuvent être respectivement estimées à 54400 et 155900 ovocytes.

I. Ponte, œufs et larves

Malgré de nombreuses prospections en plongée ou à l'aide d'un chalut à bras (Joyeux *et al.*, 1988), nous n'avons trouvé dans la lagune de Mauguio qu'une seule ponte, effectuée dans un tesson de poterie, en mai 1990.

Tabl. III. A, Fécondités potentielles annuelles des femelles *G. niger* à leur 1^{ère} et 2^e saison de ponte. B, Taille des œufs et des larves à l'éclosion de *G. niger* d'après de précédentes études et dans la lagune de Mauguio.

A, Potential annual fecundities for female *G. niger* in their first and second breeding season. B, Sizes of eggs and larvae of *G. niger* from previous studies and in the lagoon of Mauguio.

Age	1 an		2 ans	
	Mois	Lt (mode)	Lt (mode)	Fécondité
mars	54	3 439	94	15 283
avril	56	4 227	96	18 024
mai	64	6 585	98	20 722
juin	76	11 199	100	23 434
juillet	80	13 624	102	26 194
août	82	15 311	104	29 022
sept.	84	-	106	23 183
TOTAL		54 385		155 862

Auteurs	OEufs (mm)	Larves à l'éclosion (mm)
Petersen, 1891	1,58	-
Raffaele, 1893	2,11	-
Lo Bianco, 1909	2,11	-
Petersen, 1916	-	2,5
Sparta, 1934	1,80-2,08	-
Padoa, 1953	1,5	2,8
Ballard, 1969	1,90-2,04 (2,45)	2,89
Wheeler, 1969	1,50	2,8-4,0
Vaas <i>et al.</i> , 1975	2,0	3,0
Russell, 1976	1,50	2,50
Iglesias, 1979	1,82-1,87	2,45
Présente étude	1,39-1,48	2,32-2,52 Lt 2,05-2,27 Lst

B

Le nid se situait à 1 m de profondeur environ. Le fond était nu et de nature sablo-vaseuse. Ce tesson était le seul site disponible sur une surface de plusieurs dizaines de mètres de rayon.

Les œufs, ovoïdes et disposés en une seule couche, mesuraient de 1,39 à 1,48 mm dans leur plus grande longueur. Ils n'étaient pas uniformément répartis et la densité était en moyenne de 271,4 œufs par cm² (= 90,8). Quelques heures après l'éclosion, les larves, au stade 24 de Ballard (1969), caractérisé par un diamètre de la nageoire pectorale supérieur au diamètre de l'œil et un volume de vitellus égal au volume de la vessie natatoire, mesuraient entre 2,32 et 2,52 mm de longueur totale et de 2,05 à 2,27 mm de longueur standard.

Ces données paraissent indiquer une plus petite taille des œufs et des larves dans Mauguio que celles recencées par d'autres auteurs (Tabl. IIIB), ce qui est à mettre en relation avec l'importante fécondité par acte de ces Poissons et la rapidité du développement embryonnaire que nous avons observé en aquarium.

CONCLUSION

L'effort reproductif du Gobie noir dans la lagune de Mauguio est particulièrement intense. En effet, la population lagunaire se singularise de celles de l'Atlantique par la précocité et surtout l'étendue de la période de reproduction et la jeunesse des géniteurs, ainsi que par une forte fécondité et un nombre élevé de pontes au cours d'une saison. De plus, elle se distingue de celles de l'Atlantique et de la mer Tyrrhénienne par la petite taille des œufs et des larves.

L'influence des conditions physico-chimiques et biotiques du milieu explique en partie les différences constatées. La douceur des températures, hivernales en particulier, et l'abondance de la nourriture (Joyeux *et al.*, 1991), en favorisant la croissance, permettent l'acquisition de la maturité sexuelle après le premier hiver de vie. La richesse trophique de la lagune est à la base du maintien d'une activité reproductrice soutenue sur toute la saison de ponte et l'hiver doux, qui ne nécessite pas de stockage énergétique important, autorise des pontes tardives. Néanmoins, la faible profondeur de la lagune et son isolement géographique vis-à-vis de la mer lui confèrent une instabilité certaine, cause d'une forte mortalité pouvant toucher tous les stades, de l'œuf à l'adulte. De plus, le nombre de sites favorables à la nidification est faible. La forte fécondité et le nombre élevé de pontes permettent, en partie, de pallier ces aspects négatifs du milieu.

BIBLIOGRAPHIE

- BALLARD W.W., 1969. Normal embryonic stages of *Gobius niger* jozo. *Publ. Staz. Zool. Napoli* **37** : 1-17.
- BENTIVEGNA F. & F. BENEDETTO, 1989. Gonochorism and seasonal variations in the gonads of the labrid *Symphodus (Crenilabrus) ocellatus* (Forsskal). *J. Fish Biol.* **34** : 343-348.
- BOUCHEREAU J.-L., J.-C. JOYEUX, J.-A. TOMASINI & J.-P. QUIGNARD, 1989. La reproduction de *Pomatoschistus microps* (Kröyer, 1838) (Gobiidés) dans la lagune de Mauguio, France. *Bull. Ecol.* **20** (3) : 193-202.
- BOUCHEREAU J.-L., J.-P. QUIGNARD, J.-A. TOMASINI, J.-C. JOYEUX & C. CAPAPE, 1990. Cycle sexuel, condition, fécondité et ponte de *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1770) (Poissons, Gobiidés) du Golfe du lion, France. *Cybium* **14** (3) : 251-267.
- C.E.M.A.G.R.E.F., 1989. Suivi de la salinité et de l'état trophique de l'étang de l'or. Rapport de synthèse 1986-1988. Rapport pour le Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon : 37 p.
- DE CASABIANCA M. L. & A. KIENER, 1969. Gobiidés des étangs corses : systématique, écologie, régime alimentaire et position dans les chaînes trophiques. *Vie Milieu* **20** A (3) : 611-634.
- DOLIQUE J., 1958. Contribution à l'étude des poissons du genre *Gobius* du Bassin de Thau. DES, Montpellier II : 106 p.
- DOORBOS G. & F. TWISK, 1987. Density, growth and annual food consumption of gobiid fish in the saline lake Grevelingen, the Netherlands. *Netherl. J. Sea Res.* **21** (1) : 45-74.
- FABI G. & C. FROGLIA, 1983. Food and feeding of *Gobius niger* L. in the Central Adriatic Sea. *P. V. C.I.E.S.M.* **28** (5) : 99-102.
- FABI G. & G. GIANETTI, 1984 (1985). Growth parameters of the black goby (*Gobius niger* L.) in the Adriatic sea, based on otoliths reading. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* **29** (8) : 87-90.
- FONDS M., 1970. Remarks on the rearing of gobies, *Pomatoschistus minutus* and *P. microps*, for experimental purposes. *Helgol. wiss. Meeresunters* **20** : 620-628.
- FONDS M., 1973. Sand gobies in the Dutch Wadden Sea (*Pomatoschistus*, Gobiidae, Pisces). *Netherl. J. Sea Res.* **6** : 417-478.
- GANDOLFI G. & P. TORRICELLI, 1985. Comportamento e strategi riproduttive in pesci delle acque interne (Pisces, Gobiidae). *S.P.T.E. Atti* **5** : 697-701.
- GANDOLFI G., P. TORRICELLI & A. CAU, 1981-1982. Observations on the biology of the black-spotted goby, *Pomatoschistus canestrinii* (Ninni). *Nova Thalassia* **5** : 95-123.
- GIBSON R., 1970. Observations on the biology of the giant goby, *Gobius cobitis* Pallas. *J. Fish Biol.* **2** : 281-288.
- GIBSON R. & I.A. EZZI, 1981. The biology of the Norway Goby *P. norvegicus* (Collett), on the west coast of Scotland. *J. Fish Biol.* **19** (6) : 697-719.
- GUITEL F., 1892. Observations sur les mœurs de *Gobius minutus*. *Arch. Zool. exp. gén.*, sér. 2, **10** : 499-555.
- HEALEY M.C., 1971. Gonad development and fecundity of the sand goby, *Gobius minutus* Pallas. *Trans. Am. Fish soc.* **100** : 520-526.
- IGLESIAS J., 1979. Eficiencias de crecimiento y fases embrionares de *Gobius niger*, L. 1758 (Gobiidae, Pisces) sujeto a condiciones experimentales. *Bol. Inst. Espa. Oceano.* **5**, **279** : 163-172.
- JOYEUX J.-C., P. CAMUS & J.-L. BOUCHEREAU, 1988. Evaluation des peuplements ichthyiques des Lavezzi (Pêche et plongée). *Trav. Scient. Parc nat. Res. nat. Corse* **17** : 1-45.
- JOYEUX J.-C., J.-L. BOUCHEREAU & J.-A. TOMASINI, a. Structure démographique de la population de *Gobius niger* Linné, 1758 (Poisson, Téléostéen) dans une lagune méditerranéenne. *Cahiers Biol. mar.*(sous presse).
- JOYEUX J.-C., J.-A. TOMASINI & J.-L. BOUCHEREAU, 1991. Le régime alimentaire de *Gobius niger* Linné, 1758 (Poisson, Gobiidés) dans la lagune de Mauguio- France. *Ann. Sci. Nat.*(sous presse).
- LEE S.C., 1974. Biology of the sand goby *Pomatoschistus minutus* (Pallas)(Teleostei : Gobioidae) in the Plymouth area. Ph. D. thesis, Bristol.

- LEJEUNE P., 1985.— Etude écoéthologique des comportements reproducteurs et sociaux des Labridés méditerranéens des genres *Symphodus* Rafinesque, 1810 et *Coris* Lacépède, 1802. *Cah. Ethol. appl.* 5 (2) : 208 p.
- LE MENN F., 1974. Some aspects of vitellogenesis in a teleostean fish: *Gobius niger*. *Comp. Biochem. Physiol.* 62A : 495-500.
- LINDSTRÖM K., 1988. Male-male competition for nest sites in the sand goby, *Pomatoschistus minutus*. *Oikos* 53 : 67-73.
- LO BIANCO S., 1909. Notizie biologische riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del golfo di Napoli. *Mitt. zool. Sta. Neapel* 19 : 513-761.
- MAGNHAGEN C. & L. KVARNEMO, 1989. Big is better: the importance of size for reproductive success in male *Pomatoschistus minutus* (Pallas) (Pisces, Gobiidae). *J. Fish Biol.* 35 : 755-763.
- MILLER P.J., 1961. Age, growth and reproduction of the rock goby (*Gobius paganellus* L.) in the Isle of Man. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 41 : 737-769.
- MILLER P.J., 1963. Studies on the biology and taxonomy of British gobiid fishes. Ph.D. Thesis, Liverpool.
- MILLER P.J., 1964. The biology of the goby *Pomatoschistus microps*. *Annu. Rep. Challenger Soc.* 3 (16) : 42-43.
- MILLER P.J., 1979. Adaptiveness and implications of small size in Teleosts. *Symp. zool. Soc. Lond.* 44 : 263-306.
- MILLER P.J., 1984. The tokology of gobiid fishes. In « Fish reproduction: Strategies and tactics ». G.W. POTTS & R.J. WOOTTON Ed.. London: Academic Press : 119-153.
- MILLER P.J., 1986. Gobioidi. In « Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean ». Vol. III, Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.-C., Nielsen J., Tortonese E. Ed., *U.N.E.S.C.O.* : 1019-1085.
- MOSKALKOVA K.I., 1967. Morfo-ekologicheskie osobennosti razvitiya bychka-kruglyaka *Neogobius melanostomus* (Pall.). *Morfo. Ekolog. Anal. Razv. Ryb.* : 48-75.
- MUNROE T.A. & R.A. LOTSPEICH, 1979. Some life history aspects of the seaboard goby (*Gobiosoma ginsburgi*) in Rhode Island. *Estuaries, U.S.A.* 2 (1) : 22-27.
- NASH R.D.M., 1982. The biology of Fries' goby, *Lesueurigobius friesii* (Mälm), in the Firth of Clyde, Scotland, and a comparison with other stocks. *J. Fish Biol.* 21 : 69-85.
- NASH R.D.M., 1984. Aspects of the biology of the black goby *Gobius niger* L. in Oslofjorden, Norway. *Sarsia* 69 : 55-61.
- PADOA E., 1953. Sottordine Gobiiformes, Famiglia Gobiidae. In « Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei ». *Fauna Flora Golfo Napoli* 38 : 648-678.
- PETERSEN C.G.J., 1891. On the eggs and breeding of our Gobiidae. *Rep. Dan. Biol. Stn.* 2 : 1-9.
- PETERSEN C.G.J., 1916. On the development of our common gobies (*Gobius*) from the eggs to the adult stages. *Rep. Dan. Biol. Stn.* 24 : 3-16.
- QUIGNARD J.-P. & H. FARRUGIO, 1981. Les pêcheries fixes lagunaires: caractéristiques et possibilités. *Pêche maritime* 1238 : 289-393.
- QUIGNARD J.-P., C. MAZOYER-MAYERE, R. VIANET, R. MAN-WAI & K. BENHARRAT, 1983. Un exemple d'exploitation lagunaire en Languedoc: l'étang de l'or (Mauguio). Pêche et production halieutique. *Science pêche* 336 : 3-23.
- QUIGNARD J.-P., R. MAN-WAI & R. VIANET, 1984. Les poissons de l'étang de Mauguio (Hérault, France): inventaire, structure des peuplements, croissance et polymorphisme des tailles. *Vie Milieu* 34 (4) : 173-184.
- QUIGNARD J.-P., J.-L. BOUCHEREAU, C. CAPAPE, J.-C. JOYEUX & J.-A. TOMASINI, 1989. Les débarquements des pêches aux Cabanes de Pérols (lagune de Mauguio). Octobre 1985— décembre 1988. Aspects qualitatif et quantitatif. Rapport pour le CEMAGREF.
- RAFFAELE F., 1893. Osservazioni sulle uova di fondo di pesci ossei del golfo di Napoli e mari adiacenti. *Minist. Agric. Boll. Not. agr.* 10 : 325.
- ROGERS S.I., 1989. Seasonal variations in fecundity and egg size of the common goby, *Pomatoschistus microps*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 69 : 535-543.
- RUSSELL F.S., 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press, London-New York. 524 p.
- SCHERRER B., 1984. Biostatistiques. G. Morin Ed. Itée, Québec, Canada : 850 p.
- SPARTA A., 1934. Uova e larve di Gobiidae-II— *Gobius jozo* L.. *Memorie R. Com. Talassogr. ital.* 216 : 8 p.
- TORRICELLI P., S. PARMIGIANI, M. LUGLI & G. GANDOLFI, 1988. Intermale aggression in *Padogobius martensi* (Günther) (Pisces, Gobiidae): effects of size and prior residence. *Monitore zool. ital. (N.S.)* 22 : 121-131.
- VAAS K.F., A.G. VLASBLOM & P. DE KØEIJER, 1975. Studies on the black goby (*Gobius niger*, Gobiidae, Pisces) in the Veerse Meer, SW Netherlands. *Netherl. J. Sea Res.* 9 (9) : 56-68.
- VESEY G. & T.E. LANGFORD, 1985. The biology of the black goby, *Gobius niger* L., in an English south-coast bay. *J. Fish Biol.* 27 : 417-429.
- VIVIEN J.H., 1939. Etude préliminaire du tractus génital chez *Gobius paganellus* L.. *Trav. Stn. zool. Wimereux* 13 : 713-721.
- WHEELER A., 1969. The fishes of British Isles and North-West Europe. MacMillan, London-Melbourne-Toronto : 613 p.

Reçu le 25 octobre 1990; received October 25, 1990
 Accepté le 25 mars 1991; accepted March 25, 1991

A VEGETATION GRADIENT IN DUNES OF NORTHERN SPAIN

M. ONAINDIA ⁽¹⁾, I. BENITO ⁽¹⁾, M. DOMINGO ⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. Biología Vegetal y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco, Aptdo.644, 48080 Bilbao, Spain

⁽²⁾ Servicio de investigación y mejora agraria, 48016 Derio (Bizkaia), Spain

DUNES
GRADIENT
STRATEGIES DE VIE
VEGETATION
PERTURBATION

RÉSUMÉ – Ce travail vise à déterminer les relations entre la végétation des dunes et les facteurs du milieu sur les plages du Nord de l'Espagne. L'analyse factorielle permet de distinguer quatre groupes de végétation qui caractérisent les différents états du sol, ainsi que les perturbations induites par l'homme. Ces groupes se caractérisent, de la ligne de marée vers l'intérieur des terres, par les espèces *Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*, et *Lagurus ovatus*, respectivement, tandis que *Elymus pycnanthus* domine les environnements sablonneux altérés par l'homme. Cette classification permet d'établir un modèle conceptuel dans le but de décrire les associations végétales ainsi que la répartition des espèces. Basé sur les stratégies de vie des plantes, au sens de Grime, il met en évidence la prédominance des espèces tolérant les situations de stress, propre aux milieux improductifs.

DUNES
GRADIENT
LIFE HISTORY STRATEGIES
VEGETATION
DISTURBANCE

ABSTRACT – The aim of this study was to determine the relationship between vegetation and environmental factors in the dunes of Northern Spain. By means of multivariate analysis, four vegetation groups were defined. These groups characterize different degrees of soil formation, and also anthropogenic disturbance. From the littoral to inland, the plant communities are dominated by *Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*, and *Lagurus ovatus*, respectively, whilst *Elymus pycnanthus* characterizes disturbed sandy media. Such classification permits the construction of a tentative conceptual model describing the vegetation processes and the pattern of plant distribution. The model is based on the species life history strategies, defined by Grime. The predominance of stress tolerant species is noticeable, which is to be expected for these unproductive habitats.

INTRODUCTION

Dunes are the result of the accumulation of sand by the action of wind. The subsequent development of vegetation on them leads to a progressive evolution of the soil and contributes to the configuration of the dune. Apart from the general instability and vulnerability of dune vegetation, the dunes are also subject to the effects of human activity (Moore, 1971).

The sand-tolerant vegetation of the dunes to the East of the Cantabrian Sea (N. Spain) has been studied, from a phytosociological perspective, on several occasions (Guinea, 1949; Lorient, 1974; Diaz Gonzalez, 1975; Loidi, 1981; Navarro, 1980; Onaindia, 1986), and several plant associations have been reported, of which the most representative of dune gradients are the following: *Honkenio-Euphorbietum peplis* R.Tx. em. J.M.Géhu,

1964, a pioneer community in contact with tidal scona; *Euphorbio-Agropyretum junceiformis* R.Tx. Br-Bl. 1952, during the first successional stages on shifting dunes; *Othanto-Ammophiletum arundinaceae* J.M.Géhu, Rivas-Martínez & R.Tx. in J.M.Géhu, 1975 from more consolidated zones and *Ononidetum ramosissimae* Guinea, 1953 from fixed dunes. Quantitative studies of sand-tolerant vegetation from this coast are scant however (García-Alba & Morey, 1981) and little work has been carried out on the relationships between the species and the underlying physico-chemical factors (Benito *et al.*, 1989).

In recent years the study of distribution patterns in plant communities has been extremely important in ecology and has used different quantification techniques. Previously other authors performed ordinations successful to detect major factors in floristic variation and the relation of the plant species with soil data in dune systems

(Moore, 1971; Lamoureaux *et al.*, 1978; Baldwin & Maun, 1982).

There is a recent trend (Day *et al.*, 1988) description and modelling which uses species nomenclature rather than functional groups. The present work attempts to embody general processes and responses of functional groups of these organisms to such processes within the descriptive model. Accordingly, the aim of this work is to determine the relationship between the vegetation and environmental factors, mainly soil type and anthropogenic pressure, since disturbances due to human activity have historically affected the current configuration of dune ecosystems. In fact, plant communities on dunes are a mixture of endemic species, or plants widely distributed on sandy soils and of species that are not exclusive to sandy soils (Bowers, 1982). A conceptual model is offered to describe the colonisation and the pattern of the dune vegetation along the eastern coast of the Cantabrian Sea. Finally, the question of whether the distribution of the plant communities with respect to environmental factors is consistent with the general pattern of organization of the community as proposed by Grime (1979) is discussed.

STUDY AREA

From the chorological and phytogeographic perspectives, the Eastern Cantabrian Coast lies within the Eurosiberian region (Rivas-Martinez, 1984) with a gentle oceanic climate characterized by mean annual temperatures above 12°C, minima above 2°C, and maxima above 10°C.

The development of dune systems on the Eastern Cantabrian Coast (N. Spain) is somewhat limited. The reason for this may be due to the following causes:

Firstly, the progradation of the beaches towards the sea, which Agueda Villar *et al.* (1977) have related to the progressive collision between Iberia and Eurasia, which led to a continental ascent throughout the Quaternary and has given rise to a coastline characterized by cliffs. Secondly, the existence of a narrow continental shelf (Service Géologique National, 1976) that results in a limited capacity for sand accumulation. Furthermore, the extension of river mouths (zones where the accumulation of sand is most intense) is not large since they are generated by relatively short river courses.

The predominant type of dunes in this part of the coast are climbing dunes with medium and strong slopes and, more commonly transverse dunes (foredunes, vegetated dunes according to Goldsmith, 1978) which are largest on beaches

developing close to estuaries and where their location is perpendicular to the prevailing wind, which in this case is from the NW (Flor, 1980).

The dune systems have traditionally been exploited economically in terms of strong industrial and construction interests; the removal of sand for building and in tourism during the summer season. The siting of shipyards on estuaries has involved periodic dredging of sand that is later placed on the dunes or in marshes, with the subsequent deterioration of the vegetation.

All these factors combined, result in a dune system that is immature and subject to considerable stress, as reflected by the presence of a sand-tolerant vegetation.

After a preliminary study of the dune systems of the Eastern part of the Cantabrian coast five beaches with dune vegetation were selected as being representative of zones moving from well conserved (little human activity) to areas showing strong degradation (downtreading, removal of sand and dredging) (Fig. 1).

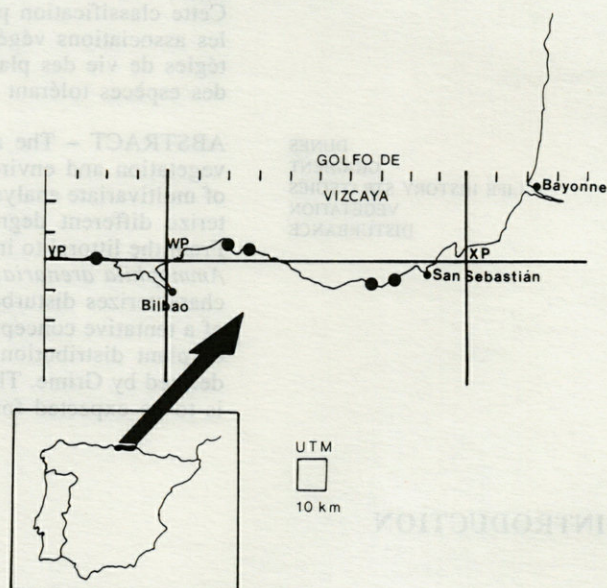


Fig. 1. - Siting of the dune systems studied.

METHODS

Data collection

Sampling was carried out in June 1987 and was stratified (Greig-Smith, 1983). Thus, attempts were made to collect the maximum floristic variation as a function of the topography (Garcia Alba & Morey, 1981), the following zones were considered: flat fore shore zones, crest zones with strong slopes and landworm zones, less affected

by the wind and with less pronounced slopes. For each point, sampling units of 2 x 1 m were used; this was chosen on the basis of the community distribution scale observed. The total number of samples taken was 37. The values of abundance of the species were taken on a semiquantitative scale ranging between 1 and 5, as is often the case in this kind of study (Banfi, 1979; Johnson, 1981). For plant nomenclature Flora Europea (Tutin *et al.*, 1964-1980) was used, except for the moss *Tortula ruralis* (Hedw.) Gaertn..

Soil samples were taken for each unit at a depth of 10 cm. The following measurements were carried out: pH, conductivity, organic matter, CaCO₃, and extractable Na, K, Ca and Mg to evaluate the fertility of the environments studied. Analytical procedures followed standard methods (Ministerio de Agricultura y Pesca, 1981). Nitrogen and Phosphorus were also measured although, their values were not taken into account in the results since the values obtained were at the limits of detection of the analytical techniques employed (Kjeldall for N and Olsen for P).

Physical data, such as the distance from the sea, slope, elevation, were also collected to evaluate the degree of natural disturbance produced by the wind and the tide. Two indices were used to evaluate the degree of human pressure since the changes occurring in dune vegetation are partly the result of a natural succession but also involve consequences of human activity (Laan van der, 1985). An index of duntreading was measured on a scale of 1-3, as a function of the number of persons frequenting the respective zones. The second attempted to evaluate the degree of disturbance due to the movement of the sand using maps and sequences of aerial photographs from different years. Disturbance was measured on a scale of 1 to 5 according to the time elapsed since the last movement of sands (by filling or dredging). The index of disturbance is defined as follows: 1 = time elapsed since the last disturbance more than 40 years; 2 = between 30 and 40 years; 3 = between 20 and 30 years; 4 = between 10 and 20 years; 5 = less than 10 years.

Data analysis

For the purpose of the identification of trends and patterns of compositional variation in the data sets obtained, a multifactorial approach was used. However, indirect ordinations, despite their utility as research tools, are affected by the problem of non-linearity due to the non-linear response of species to their environments (Austin, 1976). This leads to a misinterpretation of the results: the joint distribution of entities viewed in multidimensional variable space results in a curved structure called an arch effect. Some authors have tried to

improve these ordination techniques by removing the arch effect and rescaling the axes (Hill & Gauch, 1981), however the controversy regarding the use of multifactorial techniques for the ordination of data remains (Wartenberg *et al.*, 1987; Peet *et al.*, 1988).

As the gradient under study is short, and the communities are closely related to each other, it can be assumed that the data set has a relatively high homogeneity, that is, a low beta diversity, so PCA (principal-components analysis) is a suitable ordination method (Whittaker & Gauch, 1978). In the present work PCA was used on the floristic data to determine the main trends in variation. Hierarchical classification analysis was employed to define the ecological groups according to the method of reciprocal neighbours with catenary search (Clapier, 1983). Multiple regression analyses were also performed on the axes of the PCA and the physico-chemical variables. To visualize the relationship between the species and the environmental factors, PCA was

Table I. - Abundance of species in the four groups of vegetation defined by the cluster analysis. For the nomenclature of the vascular taxa Flora Europea was followed (Tutin *et al.*, 1964-1980), except for the moss *Tortula ruralis* (Hedw.) Gaertn.

Species	Vegetation type			
	<i>Elymus farctus</i> group	<i>Ammophila arenaria</i> group	<i>Lagurus ovatus</i> group	<i>Elymus pycnanthus</i> group
<i>Ammophila arenaria</i>	6	5	4	0
<i>Cakile maritima</i>	2	0	0	0
<i>Calystegia sepium</i>	1	0	1	0
<i>Calystegia soldanella</i>	9	3	4	0
<i>Carex arenaria</i>	5	1	4	0
<i>Crithmum maritimum</i>	0	1	0	0
<i>Coryza canadensis</i>	0	1	3	6
<i>Crepis capillaris</i>	0	1	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	0	0	2	0
<i>Daucus carota</i>	1	0	5	1
<i>Desmazeria marina</i>	0	0	3	0
<i>Dianthus monspessulanus</i>	2	0	1	0
<i>Elymus farctus</i>	12	1	1	0
<i>Elymus pycnanthus</i>	0	1	0	6
<i>Eryngium campestre</i>	0	0	2	1
<i>Eryngium maritimum</i>	9	4	5	0
<i>Euphorbia paralias</i>	6	2	3	0
<i>Galium arenarium</i>	2	1	0	0
<i>Globularia sp.</i>	1	1	0	0
<i>Helichrysum stoechas</i>	0	1	1	0
<i>Honkenya peploides</i>	0	0	0	0
<i>Hypochoeris radicata</i>	0	1	1	4
<i>Lagurus ovatus</i>	0	3	7	0
<i>Lavatera cretica</i>	0	1	0	0
<i>Leontodon taraxacoides</i>	1	4	5	0
<i>Lotus corniculatus</i>	0	1	2	0
<i>Linaria supina</i>	0	0	6	0
<i>Medicago littoralis</i>	0	3	7	0
<i>Medicago lupulina</i>	0	0	0	0
<i>Melilotus alba</i>	0	0	1	0
<i>Melilotus indica</i>	0	0	2	0
<i>Oenothera biennis</i>	3	2	6	0
<i>Orobanche minor</i>	0	1	2	0
<i>Phleum arenarium</i>	0	1	0	0
<i>Plantago lanceolata</i>	0	0	4	0
<i>Polygonum maritimum</i>	2	0	0	6
<i>Pteridium aquilinum</i>	1	3	0	0
<i>Puccinellia maritima</i>	0	2	2	0
<i>Smilax aspera</i>	1	2	0	0
<i>Sonchus sp.</i>	0	0	1	2
<i>Tortula ruralis</i> (Hedw.) Gaertn.	1	1	0	0
<i>Vulpia fasciculata</i>	0	2	7	0

carried out on the matrix of correlations between species and physicochemical variables. According to Sokal & Rohlf (1969), the correlation value can be used as an affinity coefficient and exhibits good normality. The floristic data were standardized by the functions most appropriate to each species. These were: $\log(1+x)$ and $2\sqrt{x}$; and for the physico-chemical variables: $\log x$, $\log(1+x)$, $1/x$ and $2\sqrt{x}$. The programs used were the SPAD (Lebart & Morineau, 1982) and Statview (Abacus Concepts Inc. 1986).

RESULTS

Figure 2A shows the distribution of the points on plane I and II of the PCA, with the groups of the cluster (the result of the hierarchical classification) superimposed. The first axis separates, to its right, the sea board points of the transects, and to its left the landward face of the dunes. The second axis separates the zones with a strong degree of interference (upper part) from the zones with a longer period of elapsed time since the last dis-

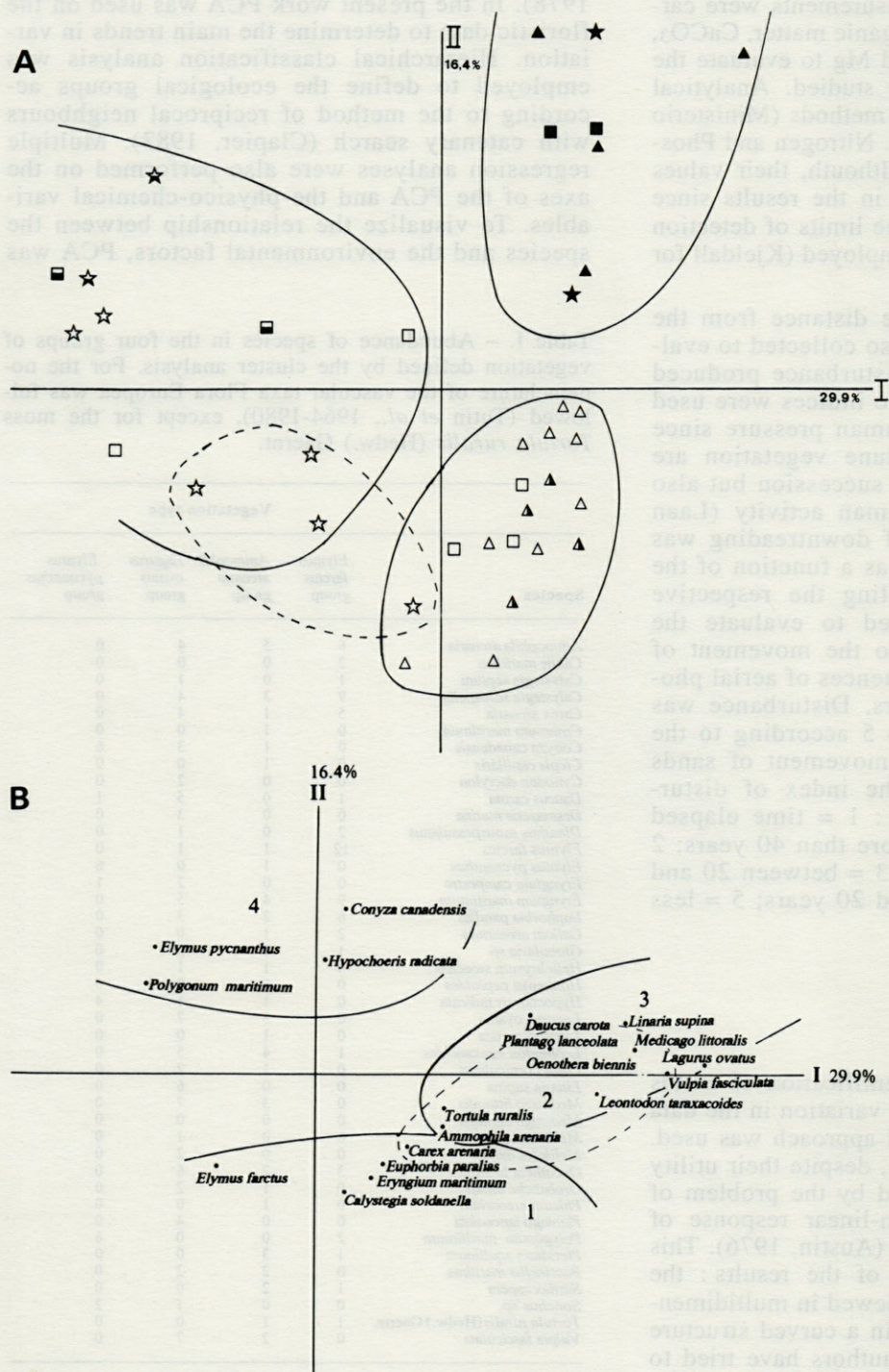


Fig. 2. - A, Plot of the sampling sites on the plane I,II of the PCA with the groups of the cluster superimposed. The triangles correspond to the foremost zones, the squares to the intermediate zones and the stars to the rearmost zones. The degree of human disturbance is represented by the shaded areas (all white = minimum disturbance; half-white = intermediate disturbance; all black = maximum disturbance). B, Plot of the species on plane I,II of the PCA. Numbers 1 to 4 indicate the floristic groups defined by cluster analysis: (1) group of *Elymus farctus*, (2) group of *Ammophila arenaria*, (3) group of *Lagurus ovatus* and (4) group of *Elymus pycnanthus*.

turbance (by movement of the sand), thus grouping on one hand the sea board zones (group 1), the landward zones (groups 2) and the disturbed zones (group 3).

On observing planes I and II of the PCA with respect to species (Figure 2B), axis I is seen to separate the colonizing species: *Elymus farctus*, *Calystegia soldanella*, *Eryngium maritimum* and *Euphorbia paralias*, from the species characteristic of more evolved and more stable soils: *Lagurus ovatus* and *Vulpia fasciculata*. The presence of the species *Helicrysum stoechas* and *Smilax aspera* in this group indicates the sub-mediterranean nature of the vegetation of these media (Aseguinolaza *et al.*, 1987). Axis II separates pioneer species, colonizers of poor and loose soils, such as *Polygonum maritimum* and *Conyza canadensis* from the rest of the species.

It therefore appears that the differences are due to two main effects: the genesis of the soil itself, and the decrease in natural disturbance, the product of the self-organization of the dune along a gradient and also a certain degree of disturbance or human activity in the form of the moving of sand which returns the dune to its « juvenile » stage.

The groups defined by the hierarchical classification, shown on plane I and II of the PCA (Figure 2B) are characterized by their floristic composition and by their soil characteristics in tables I and II, respectively, and are as follows:

— The *E. farctus* group. The predominance of the grass *Elymus farctus*, a species of rapid development owing to its rhizome system, produces an accretion of sand (Ranwell, 1972). With these characteristic group species frequent also found are *Calystegia soldanella*, *Carex arenaria*, *Eryngium maritimum* and *Euphorbia paralias*, this being a community of plants that colonizes the first stages of embryonic dunes; zones with a very low content in organic matter and high pH and conductivity values. Although the species *C. arenaria* has good tolerance, the most vigorous growth is usually observed at the bottom of the dunes (Noble, 1982). The concentration of CaCO_3 is high and decreases in the zone corresponding to the second group of vegetation, since this latter decreases with the age of the dune owing to leaching (Ranwell, 1972).

— The *Ammophila arenaria* group. Included with this species, which begins the formation of the dune (Chapman, 1976; Ranwell, 1972), there is a series of plants that also appear (although with less coverage), in the groups situated anteriorly and posteriorly on the spatial gradient (this plant community represents a transition zone) such as: *C. soldanella* and *E. maritimum* (from the first group), *L. ovatus*, *Leontodon taraxacoides* and *Melilotus alba* (from the third group). This group occupies the crests of dunes of medium height that

are strongly attacked by the wind. The plants are fixed due to the stabilizing effect of the root system and growth pattern of *A. arenaria*. The organic matter content of the soil increases and pH, conductivity and CaCO_3 decrease.

Table II. — Mean values of the environmental parameters in the four groups of vegetation defined. Standard deviation is indicated in parentheses (Values for the variables distance from sea, slope, elevation and duntreading are omitted due to their great variability within the groups).

Environmental factors	Vegetation type			
	<i>Elymus farctus</i> group	<i>Ammophila arenaria</i> group	<i>Lagurus ovatus</i> group	<i>Elymus pycnanthus</i> group
pH (H ₂ O)	9.3 (0.2)	9.1 (0.2)	8.9 (0.1)	9.2 (0.1)
Conductivity (mmho/cm)	0.85 (0.01)	0.08 (0.01)	0.10 (0.01)	0.07 (0.01)
Mg (meq/100g)	1.15 (0.24)	1.20 (0.23)	1.30 (0.27)	1.14 (0.11)
Na (meq/100g)	0.19 (0.05)	0.19 (0.03)	0.13 (0.03)	0.12 (0.03)
Ca (meq/100g)	18.89 (1.10)	18.91 (0.68)	19.88 (0.73)	18.49 (0.98)
K (ppm)	9.70 (4.39)	8.20 (4.71)	13.28 (5.12)	5.50 (1.92)
O.M. (%)	0.12 (0.13)	0.21 (0.11)	0.41 (0.22)	0.10 (0.03)
Ca CO ₃ (%)	42.52 (8.80)	29.86 (9.52)	37.26 (4.40)	19.61 (1.93)
Human disturbance	2.0 (0.6)	2.0 (0.7)	2.4 (0.5)	5.0 (0.0)

— The *Lagurus ovatus* group. Annual plants are also present with a high degree of coverage in this group; their annual strategy is successful only in stabilized but open zones (Watkinson *et al.*, 1979). The predominant species are: *V. fasciculata*, *M. alba*, *Daucus carota*, *Linaria supina*, *Medicago littoralis*, *Oenothera biennis*, *Plantago lanceolata* and the moss *Tortula ruralis*. This group occupies the landward slopes of young or secondary dunes. The trend marked by the gradient: Group 1 – Group 2 – Group 3 is followed in the sense of an increase in organic matter and a decrease in pH and conductivity and a greater species richness.

— The *Elymus pycnanthus* group. Other species with a high degree of coverage in this group are *P. maritimum*, *Hypochoeris radicata* and *C. canadensis*, with low values in species richness. The main feature of this group is that it is found in zones of loose sands, mainly due to movement caused by extraction or by aggregation due to dredging. Group members occupy all the zones of the spatial gradient; that is, the group extends

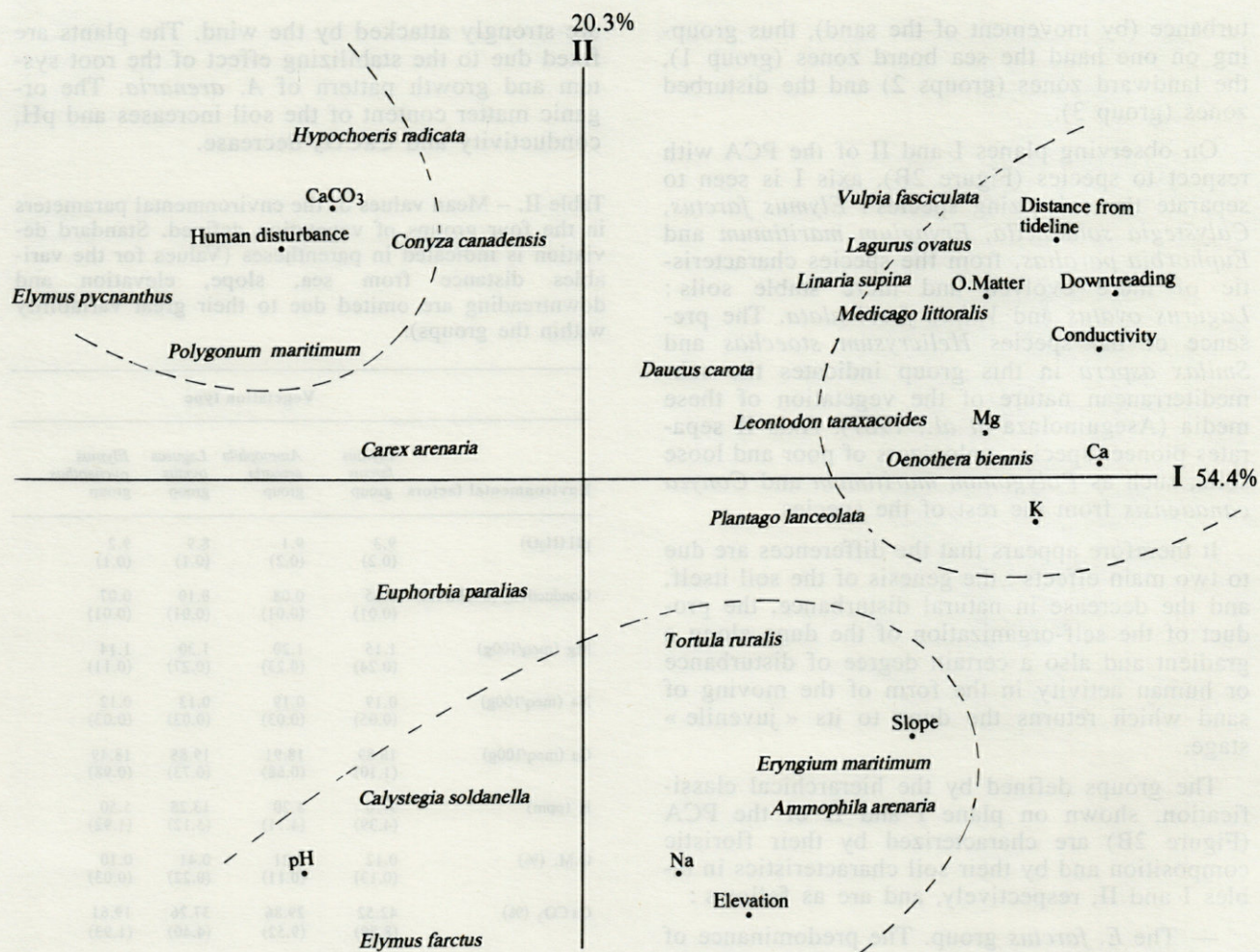


Fig. 3. - Plot of species and environmental variables on plane I,II of the PCA on the matrix of correlations species/variables.

more or less homogeneously throughout the sea-land transect. This is typical of strongly disturbed areas, in which the « natural » gradient seems to have been replaced by a situation of homogenization of floristic composition, due to external, rather than environmental factors.

The degree of soil salinity does not seem to determine the distribution of the plants since low conductivity values were found along all the transects (less than 4 mmho/cm, Daubenmire, 1967)

The PCA of the points/physicochemical parameters matrix produced a first axis with distance from the shore-line ($r=0.526$, $p=0.0001$), pointing to a gradient of organic matter and pH which increases and decreases, respectively; and a second axis, related to the degree of external disturbance caused by the movement of the sand ($r=0.53$, $p=0.0001$). A multiple regression analysis was carried out between the physico-chemical factors and axes I and II of the PCA (points/species). This proved to be significant for axis I ($R=0.91$, $R^2=0.84$; $p=0.0001$) with distance being the parameter with the highest correlation ($r=0.48$,

$p<0.01$). For axis II ($r=0.83$, $p<0.0001$), the most highly correlated factors were disturbance ($r=0.43$; $p<0.01$) and $CaCO_3$ ($r=0.42$, $p<0.01$). Accordingly, the significance of the PCA axes is confirmed: the process of soil genesis and human intervention.

Finally, a PCA analysis was performed on the matrix of correlations between species and soil parameters; the results of this are shown in Fig. 3. These results are similar to those of the previous one regarding the ordination of species, although it assigns to each of them the factor or factors that characterizes them. The trends of the variations are those reported for soil genesis and disturbance.

DISCUSSION

From the ordination analysis and the hierarchical classification two principal trends in variation can be deduced. The first is obvious and corresponds to the gradient produced by the distance to

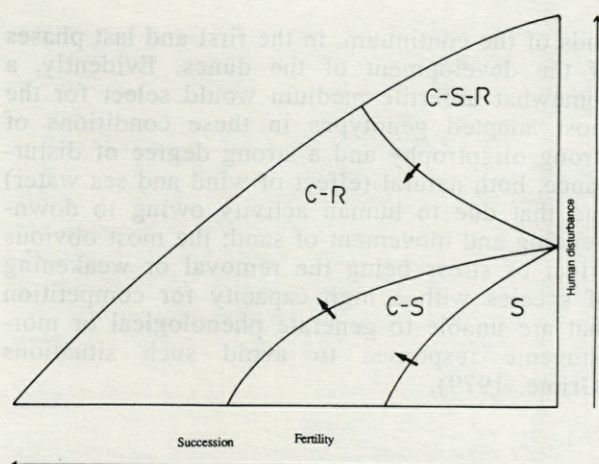


Fig. 4. – Model of distribution of the plant groups according to the main gradients of soil genesis and human disturbance detected by the PCA. The arrows indicate the successional trends. Life strategies of the plants in the groups of vegetation are also indicated: S: stress tolerant species, C-S: stress tolerant and competitor species, C-R: ruderal competitor species, and C-S-R: ruderal, stress tolerant and competitor species.

the shore line, a gradient of exposure (Day *et al.*, 1988) that involves a process of soil genesis and a decrease in natural disturbance with an increase in organic matter and a decrease in pH. The increase in the content of organic matter along the transect may be another factor in the stabilization and maturation of the system since the temperature of the sand at the surface is affected not only by the vegetation coverage but also by the amount of organic matter. Increasing organic matter may reduce the temperature and decrease sharp variations (Chapman, 1976). This factor is limiting in this kind of habitat, especially all in summer. The process of soil genesis related to the distance from the shore line is the principal cause of vegetation zoning in the young dunes studied. Along this gradient, the three associations of plants that succeed one another spatially are those containing the following predominant species: *E. farctus*, *A. arenaria* and *L. ovatus*; an increase in the diversity of the groups gradually becoming apparent. This is the presumed cause of the zoning of the vegetation as has been remarked previously (Benito *et al.*, 1989).

The second trend in variation is associated with the degree of human disturbance (measured as the time elapsed since the last « filling » with sand or the last dredging); that is, the movement of sand which involves an impoverishment of the medium, especially regarding organic matter and a decrease in the degree of compactness. This produces a negative effect on the germination of seeds, the degree of fertility, and on species richness. In this case, the natural gradient of succession, a product of the self-organization of the system, is interrupted and substituted by a spatially homogeneous plant community which

is affected by external factors, giving rise to the appearance of a community that is poor in species and dominated by *E. pycnanthus*.

The model offered in Figure 4 attempts to summarize the trends in distribution and processes reported in the previous section. The gradient of the axis relating to soil genesis determines the appearance of dominant species better adapted to the environmental conditions, associated with conditions of eutrophy, and not appearing on oligotrophic sands (*L. ovatus*, *V. fasciculata*). This community corresponds to the more mature and more stable situation of greater species diversity since disturbance due to natural causes is small and human intervention by down-treading is also low (disturbance due to down-treading is less limiting than natural disturbance).

In an intermediate situation of soil genesis and disturbance one finds the community dominated by *A. arenaria*, although it is also possible to find species of the « foremost » and « rearmost » groups. The zone is thus one of transition.

Close to the shore line, in oligotrophic conditions and with a low degree of human disturbance, colonizing species appear that grow fast and begin to fix the sand; this community is dominated by *E. farctus*. In zones with a greater degree of external disturbance and on very poor soils there are plants of intermediate characteristics regarding their life strategies. Among these, *E. pycnanthus* and *P. maritimum* are predominant.

At a taxonomic level, the findings of the present work coincide with earlier phytosociological descriptions offered, although, there is a lack of the therophytes of the first line and the communities of woody camephytes dominated by *Ononis natrix* in the rear zones of the dunes. It should be noted that the so-called plants of the first line of the beach, communities that exhibit a large proportion of annual species, characteristic of these conditions, such as *Cakile maritima* and *Salsola kali*, do not develop on the beaches studied owing to human pressure, and the landward of low zones shrub with a predominance of woody species (competitors), do not develop owing to external causes (parking lots, roads and construction in general). Due to all this, the highest degree of development is reached by the establishment of therophyte communities characterized by *Lagurus ovatus* and *Vulpia fasciculata*.

The proposed model refers to the taxonomy of the species and since this varies with the geography, the identification of individual species restricts its generality (Grime, 1979). However, the model can be interpreted along more general lines by referring to the strategies used by the plants (Grime, 1979) or to their types of life history, in which the plants are assigned to functional groups according to similarities in morphology, physiology or the role that they play in the community.

Study of the life strategies of the plants is useful in accounting for their distribution and coexistence in plant communities, although, it would be desirable to emphasize the enormous diversity of the strategies of plants and to make generalizations as a function of the mechanisms of coexistence and exclusion (Verhoever *et al.*, 1982; Jacobs, 1982). However, the explanation of the model on the basis of the life strategies of the plants has the value of summarizing the information obtained and of confirming the model for dune systems.

In this case, according to the plant strategy definitions of Grime (1979), the following types of vegetation, that represent the two trends in variation detected in this study, are proposed:

S: Stress-tolerant species. Species of plants that exist under strong stress and a low degree of human disturbance. They are generally tall plants with rhizome systems or creeping stems, as is the case of *Elymus farctus*, *Calystegia soldanella*, *Carex arenaria* and *Euphorbia paralias*, with an important degree of vegetative growth (Watkinson *et al.*, 1979). There is a predominance of geophytes.

C-S: Stress-tolerant and competitor species. These are robust plants with rhizomes (like the competitors), although they have a lower maximum relative growth potential, with peak output in summer. The most characteristic invasive species is *A. arenaria* (Watkinson *et al.*, 1979), although species of the foremost and rearmost groups are also present, since this is one of the transition zones within the gradient.

C-R: Ruderal competitor species. These are species with a dense growth pattern, appearing on fertile soils whose general characteristics are those of having an annual or biannual cycle and potentially high relative growth rates, such as *L. ovatus*, *Melilotus alba* and *V. fasciculata*, the latter annual species being of short lifetime (Watkinson *et al.*, 1979).

C-S-R: Ruderal, stress-tolerant and competitor species. According to Grime (1979), in some unfertilized grasslands in temperate regions there may be, for example, a stress due to mineral content or moderate degrees of disturbance as the most striking features of the habitat. Under these circumstances, the overall vegetation is generally composed of species with intermediate characteristics between the stress-tolerant, ruderal and competitors. This is the case of a group of plants occupying the zones of dunes disturbed by human activity and on very poor soils; among them are found the species *P. maritimum*, *E. pycnanthus*, *C. canadensis* and *H. radicata*.

In summary, it is possible to note a dominance of the strategies of the stress-tolerant type, without the appearance of strict ruderal or competitor species, which would be located, respectively, at the

ends of the continuum, in the first and last phases of the development of the dunes. Evidently, a somewhat unfertile medium would select for the most adapted genotypes in these conditions of strong oligotrophy and a strong degree of disturbance, both natural (effect of wind and sea water) and that due to human activity owing to down-treading and movement of sand; the most obvious effect of stress being the removal or weakening of species with a high capacity for competition that are unable to generate phenological or morphogenic responses to avoid such situations (Grime, 1979).

REFERENCES

- ABACUS CONCEPTS INC., 1986. Statview 512. Version 1.0. Ed. Mc Graw-Hill. New York.
- AGUEDA VILLAR J.A., F. ANGUITA VIRELLA, V. ARANA SAAVEDRA, J. LOPEZ RUIZ, L. SANCHEZ DE LA TORRE, 1977. Geología. Editorial Rueda, Madrid.
- ASEGUINOLAZA C., D. GOMEZ, X. LIZUR, G. MONTSERRAT, G. MORANTE, M. SALAVERRIA, P. URIBE-ECHEVARRIA & J.A. ALEJANDRE, 1984. Catálogo florístico de Alava, Vizcaya y Guipúzcoa. Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- AUSTIN M.P., 1976. On non-linear species response models in ordination. *Vegetatio* **33**: 33-41.
- BALDWIN K.A. & M.A. MAUN, 1982. Microenvironment of Lake Huron sand dunes. *Can. J. Bot.* **65**: 241-255.
- BANFI E., 1979. Alcuni relievi di vegetazione del litorale massesa (Toscana settentrionale). *Natura* **70** (4): 229-241.
- BENITO I., M. ONAINDIA & E. MARTINEZ, 1989. Estudio comparativo de las comunidades vegetales en dos playas de la Costa Vasca. *Mediterránea Ser. Biol.* **11**: 133-144.
- BOWERS J.E., 1982. The plant ecology of inland dunes in western North America. *J. Arid Environm.* **5**: 199-220.
- CLAPIER P., 1983. Analyse des données. Seminario Nacional de Estadística de Euskadi. Gobierno Vasco, Vitoria.
- CHAPMAN V.J., 1976. Coastal Vegetation. Pergamon Press, Oxford.
- DAUBENMIRE R.F., 1967. Plants and environment. A textbook of plant autoecology. John Wiley, New York.
- DAY R.T., P.A. KEDDY & J. McNEILL., 1988. Fertility and disturbance gradients: a summary model for riverine marsh vegetation. *Ecology* **69**: 1044-1054.
- DÍAZ GONZÁLEZ T.E., 1975. La vegetación del litoral occidental asturiano. *Rev. Fac. Cienc., Univ. Oviedo* **16**: 369-545.
- FLOR G., 1980. Las dunas costeras de Cantabria: Valores singulares geológicos. Reunión nacional de

- Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Santander.
- GARCIA-ALBA L. & M. MOREY, 1981. La vegetación de las dunas litorales y su relación con la morfología dunar y el gradiente de influencia marina. *Mediterránea Ser. Biol.* 5 : 3-22.
- GOLDSMITH V., 1978. Coastal dunes. *Coastal sedimentary Environments*. Ed. by R. A. Davis Jr Springer-Verlag, Berlin
- GREIG-SMITH P., 1983. Quantitative Plant Ecology. Blackwell, Oxford.
- GRIME J.P., 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley, Chichester.
- GUINEA E., 1949. Vizcaya y su paisaje vegetal. Junta Cultural Vizcaina, Bilbao.
- HILL M.O. & H.G. GAUCH Jr., 1980. Detrented correspondence analysis : an improved ordination technique. *Vegetatio* 42 : 47-58.
- JACOBS R.P.W.M., 1982. Reproductive strategies of two seagrass species (*Zostera marina* and *Z. noltii*) along West European coasts. Ed. by J.J. Symoens, S.S. Hooper and P. Compere. *Studies on Aquatic Vascular Plants*. Royal Botanical Society of Belgium. Brussels.
- JOHNSON A.F., 1981. Plant communities of the Napeague Dunes. *Bull. Torrey Bot. Club* 108 : 76-84.
- LAAN VAN DER D., 1985. Changes in the flora and vegetation of the coastal dunes of Voorne (The Netherlands) in the relation to environmental changes. *Vegetatio* 61 : 87-95.
- LAMOUREAUX G. & M.M. GRANDTNER, 1978. Contribution á l'étude écologique des dunes mobiles. II. Les conditions édaphiques. *Can. J. Bot.* 56 : 818-832.
- LEBART L. & I.A. MORINEAU, 1982. Système portable pour l'analyse des données. SPAD, Cesia. Paris.
- LOIDI J., 1981. Estudio de la flora y vegetación de las Cuencas de los ríos Deva y Urola en la provincia de Guipuzcoa. Doct. Tesis, Madrid.
- LORIENTE E., 1974. Vegetación y flora de las playas y dunas de la provincia de Santander. Institución Cultural de Cantabria, Santander.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, 1981. Métodos oficiales de análisis de suelo y aguas. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid.
- MOORE P.D., 1971. Computer analysis of sand dune vegetation in Norfolk, England, and its implications for conservation. *Vegetatio* 23 : 322-338.
- NAVARRO C., 1980. Contribución al estudio de la flora y vegetación del Duranguesado y la Busturia (Vizcaya). Doct. Tesis, Madrid.
- NOBLE J.C., 1982. *Carex arenaria*. Biological flora of the British Isles. *J. Ecol.* 70 : 867-886.
- ONAINDIA M., 1986. Ecología vegetal de las Encarnaciones y macizo del Gorbea (Vizcaya). Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao.
- PEET R.K., R.G. KNOW, J.S. Case, & R.B. Allen, 1988. Putting things in order : the advantages of Detrented Correspondence Analisis. *The American Naturalist* 131 : 924-934.
- RANWELL D.S., 1972. Ecology of salt marshes and dunes. Chapman & Hall, London.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., 1984. Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa* 5 : 33-43.
- SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL, 1976. Carte géologique du plateau continental du Golfe de Gascogne. Échelle 1 : 1.000.000. Bureau des recherches géologiques et minières.
- SOKAL R.R. & F.J. ROHLF, 1969. *Biometria. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume Ediciones, Madrid.
- SYMOENS S., S. HOOPER & P. COMPERE. *Studies on aquatic vascular plants*. Royal Bot. Soc. Belgium, Brussels.
- TUTIN T.G., V.H. HEYWOOD, N.A. BURGESS, D.M. MOORE, D.H. VALENTINE, S.M. WALTERS, & D.A. WEBB. (Eds.), 1964-1980. *Flora Europaea*. 5 vol. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- VERHOEVER J.T.A., R.P.W.M. JACOBS & W. VAN VIERSEN, 1982. Life-strategies of aquatic plants : some critical notes and recommendations for further research. Ed. by J.J. Symoens, S.S. Hooper and P. Compere. *Studies on Aquatic Vascular Plants*. Royal Botanical Society of Belgium. Brussels.
- WARTENBERG D., S. FERSON & F. J. ROHLF, 1987. Putting things in order : a critique of detrented correspondence analysis. *The American Naturalist* 129 : 434-448.
- WATKINSON A.R., A.H.L. HUISKES & J.C. NOBLE, 1979. The demography of sand dune species with contrasting life cycles. Ed by R.L. Jefferies & A.J. Davy. *Ecological Processes in Coastal Environments*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Reçu le 7 février 1990; received February 7, 1990
 Accepté le 5 février 1991; accepted February 5, 1991

FORAMINIFÈRES DES HERBIERS DE POSIDONIES DE LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

Foraminifera of the fields of Posidonia in the western Mediterranean

T. RIBES, M.P. GRACIA

Dept. Biologie Animale, Faculté de Biologie, Université de Barcelone, Barcelone 08028, Espagne

FORAMINIFÈRES
HERBIERS DE *POSIDONIA*
MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

RÉSUMÉ – Dans la Méditerranée occidentale (Cap Creus, Espagne), la biocénose de Foraminifères des feuilles de *Posidonia oceanica* (L) Delile est représentée par des espèces à test épais et résistants aux mouvements de l'eau, avec prédominance de formes calcaire-perforées (69 %). Les familles les plus abondantes sont Elphidiidae, Discorbidae, Miliolidae et Cibicididae. Dans les six stations étudiées (3-18 m de profondeur), les espèces les plus abondantes sont les mêmes; seul le pourcentage d'individus varie du fait d'une plus ou moins grande exposition aux vagues. La population de Foraminifères posidonicoles de la région, est constituée par deux grands groupes d'espèces : des espèces dominantes et abondantes constituent le premier; l'autre groupe rassemble des espèces constantes et peu abondantes. Les indices de diversité oscillent entre 3,99 et 4,48. Dans le dendrogramme de similitudes on observe 4 troncs différenciés en sous-groupes. Le groupe A comprend *Discorbis obtusa*, espèce dominante dans l'herbier de Posidonies du Cap Creus; dans le groupe B, la plupart des espèces appartiennent au genre *Quinqueloculina* avec une grande diversité spécifique, le groupe C est formée par des espèces hétérogènes; le groupe D comprend les espèces abondantes *Q. juleana* et *Triloculina semicostata*.

FORAMINIFERA
FIELDS OF *POSIDONIA*
WESTERN MEDITERRANEAN

ABSTRACT – In the western Mediterranean sea (Cape Creus, Spain), the biocenosis of the epiphytic foraminifera of the leaves of *Posidonia oceanica* (L) (Delille) is represented by species with thick test, resistant to the movements of water, with a predominance of calcareo-perforated forms (69 %). The most abundant families are Elphidiidae, Discorbidae, Miliolidae et Cibicididae. In the six studied stations (3-18 meters deep), the most abundant species are the same, whereas the percentage of individuals varies, due to a bigger or lesser exposure to waves. The population of posidonicole foraminifera of this area is made up by two large groups of species : one formed by dominant and abundant species and the other group formed by species that are constant but not very abundant. The diversity indices range from 3.99 to 4.48. Four main branches can be observed from the cluster analysis, which are differentiated in subgroups : group A comprises *Discorbis obtusa*, the dominant species in the *Posidonia* meadows from the Cape of Creus. Most of the species in group B belong to the genus *Quinqueloculina* with a large diversity of species. Group C is made up of heterogenous species. Group D shows *Q. juleana* and *Triloculina semicostata* as abundant species.

INTRODUCTION

Les prairies de *Posidonia* abritent une population très particulière du point de vue de la faune, de l'écologie et de la biogéographie. Les populations de Foraminifères qui y vivent sont variées et riches, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

Les Foraminifères de Méditerranée ont fait l'objet d'études antérieures (Blanc Vernet, 1969; Co-

lom 1942, 1964, 1974; Mateu 1965, 1966, 1970, 1974, 1984). En ce qui concerne les populations posidonicoles, nous nous référons aux travaux de Blanc Vernet (1974, 1984), Le Calvez & Le Calvez (1958), Gaza (1984), Kerneis (1960) et Mateu, Gaza et Florit (1984).

Nous avons étudié les prairies des fonds marins du Cap Creus (Girona, Espagne), dans le but de contribuer à la connaissance des populations de Foraminifères épiphytes sur *Posidonia oceanica* (L) Delille.

Nous avons compté et déterminé exclusivement les Foraminifères adhérents aux feuilles. Le rhizome a été séparé et fixé pour une étude postérieure.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Biocénose et zone d'échantillonnage

En Méditerranée, les prairies de Posidonies couvrent de grandes zones sous-marines qui peuvent descendre jusqu'à 30 à 40 m de profondeur.

Le Cap Creus se situe sur la côte Nord de Catalogne, entre la Baie de Rosas et Port de la Selva. Il correspond à l'extrémité orientale de la chaîne des Pyrénées et se compose de roches d'origine paléozoïque et de structure tectonique compliquée. Elles comprennent du granite et des roches métamorphiques. Ces matériaux plissés pendant l'orogénèse alpine ont donné une côte très découpée.

Au Cap Creus, les vents forts de secteur Nord (tramontane) sont constants pendant l'hiver. Quand ils se calment, les vents de N-W (Mistral) ne sont pas moins violents.

Cette région est soumise, en plus, à un courant marin superficiel qui vient du Nord, fait le tour de la masse des eaux littorales et continue en direction S-E.

Ce régime hydrodynamique varié agit de façon défavorable sur la distribution de la faune épiphyte des feuilles de Posidonies, rendant son adhérence difficile.

Les fonds compris entre 3 et 18 m de profondeur ont été échantillonnés : 2 calanques au Nord et 1 au Sud Est du Cap Creus (Fig. 1) : 2 stations par calanque situées à des profondeurs différentes.

Punta Sernella : latitude 42°20'09", longitude 3°11'24", Nord de la Baie de Port de la Selva; elle marque le début du Cap Creus. Elle reçoit les vents du Nord et du Nord-Ouest (Tramontane et Mistral).

L'extrémité de la Punta est caractérisée par une grande quantité de blocs dispersés à partir de la

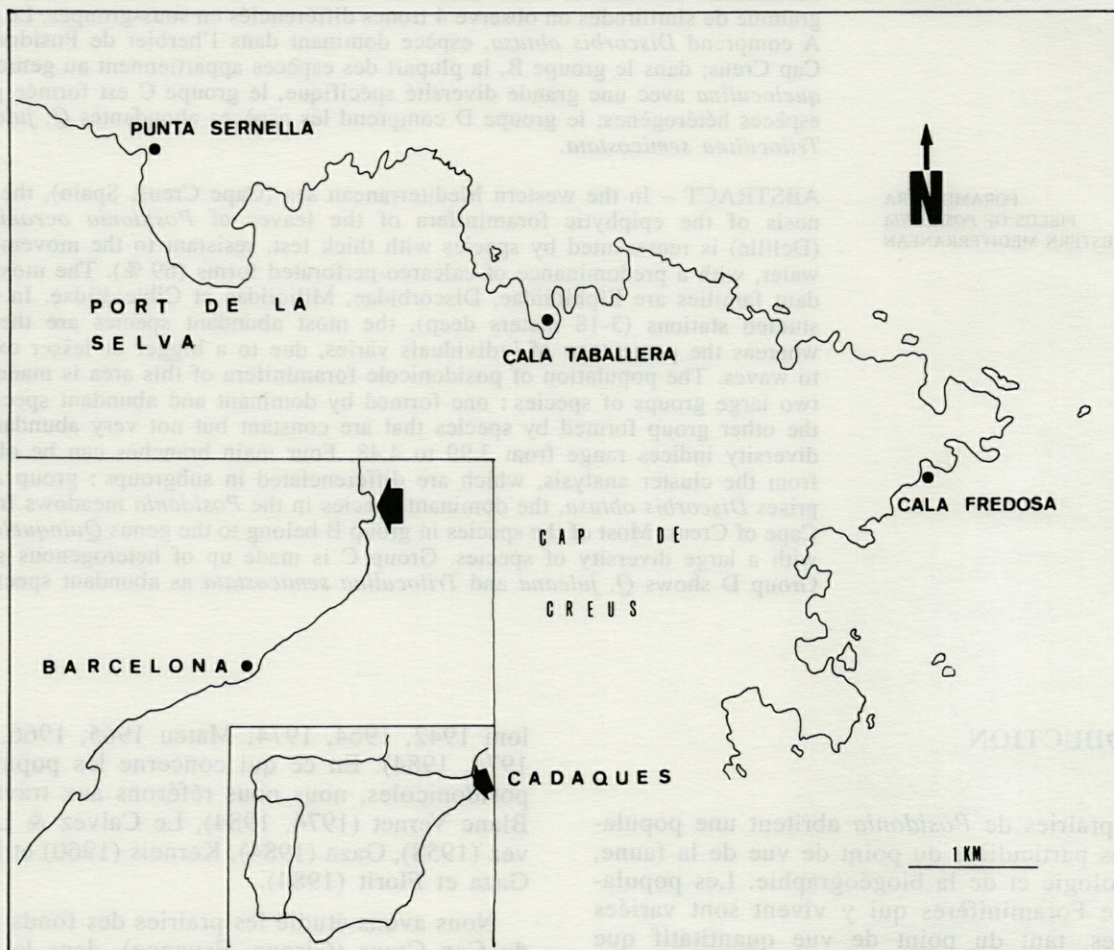


Fig. 1. — Carte du Cap Creus et localisation des criques prospectées.
Map of Cap de Creus with the prospected sites.

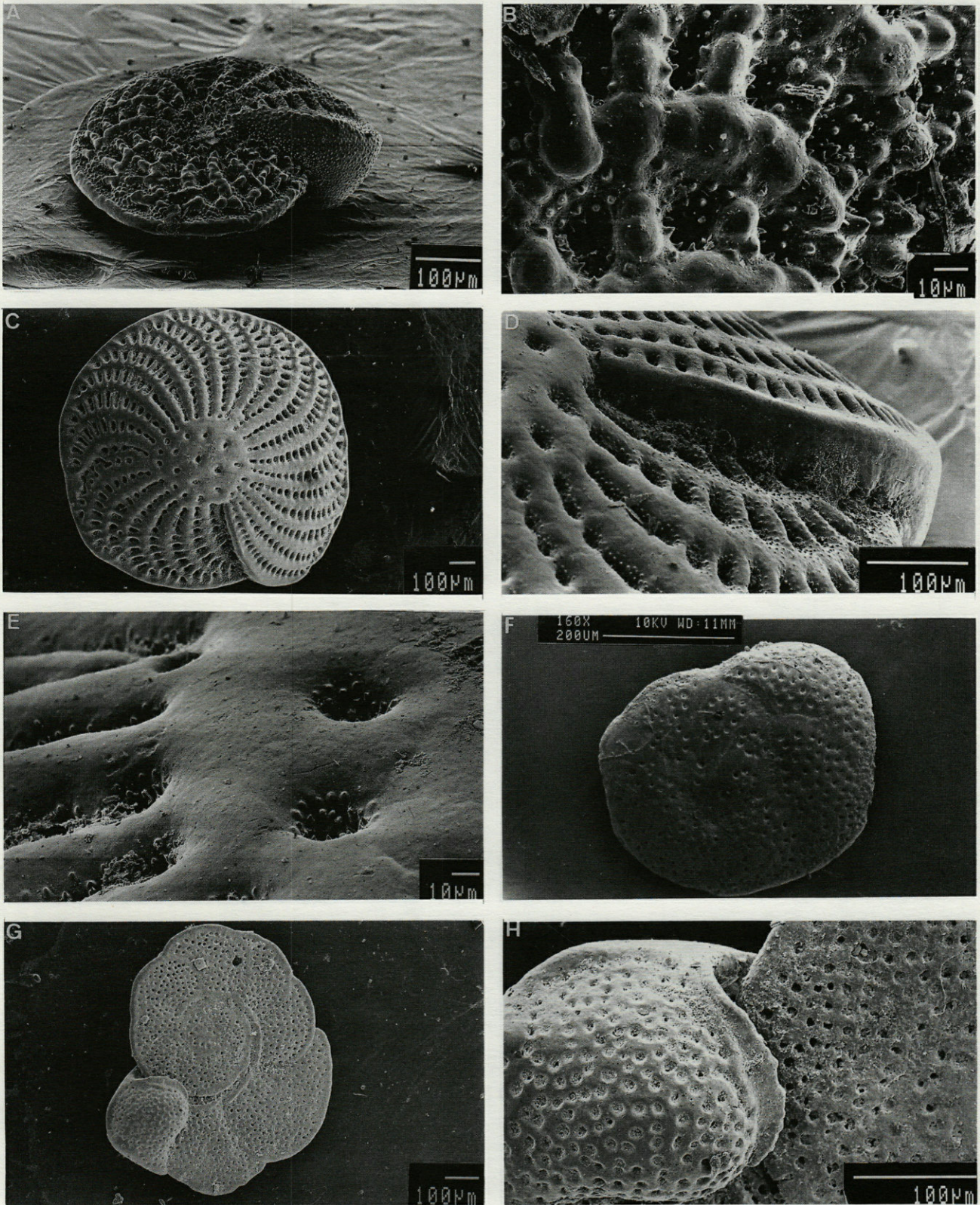


Fig. 2. — Photographies des espèces abondantes.

Photographs of abundant species. A, *Elphidium macellum*; B, *E. macellum*; C, *E. crispum*; D, *E. crispum*; E, *E. crispum*; F, *Rosalina globularis*; G, *Cibicides lobatulus*; H, *C. lobatulus*.

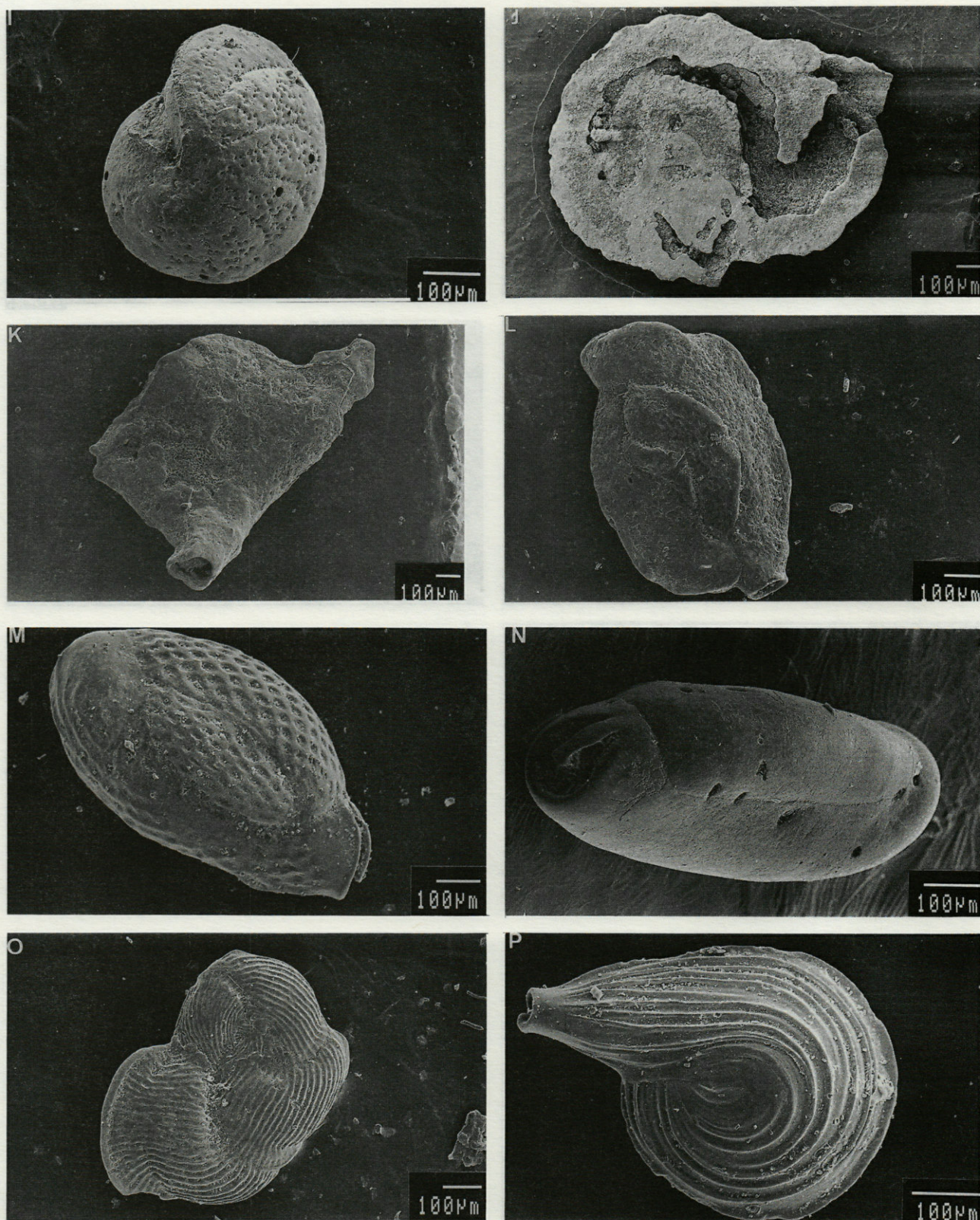


Fig. 3. – Photographies des espèces abondantes (I-L) et sporadiques (M-P).

Photographs of abundant (I-L) and sporadic species (M-P). I, *Cibicides refulgens*; J, *Nubecularia lucifuga*; K, *N. massutiniana*; L, *Quinqueloculina berthelotiana*; M, *Q. reticulata*; N, *Q. laevigata*; O, *Vertebralina striata*; P, *Q. striata*.

côte, qui, pour la plupart, n'apparaissent pas en surface. Entre ces blocs se tient une prairie qui semble en régression (Pereira, 1981). Station SER-7 à 2 m de profondeur. Station SER-8 à 10 m.

Taballera : lat. 42°19'48", long. 3°14'51", orientée vers le Nord et située dans un petit golfe. Le fond présente des parois qui descendent brusquement, presque verticalement jusqu'à 12 m. Sur la paroi supérieure existe une biocénose coralligène. A la base, se trouve le début de la prairie qui s'étend dans toute la partie centrale de la calanque. Stations TAB-5 à 18 m, TAB-4 à 5 m.

Fredosa : lat. 42°18'55", long. 3°19'0", orientée vers le Sud du Cap Creus. Au fond de la calanque, une barrière de rhizomes morts provient d'une ancienne prairie, puis une prairie normalement développée. Stations FRE-13 à 3 m, FRE-14 à 11 m.

Méthodes

Echantillons recueillis au scaphandre autonome. Dans chaque station on a pris une masse superficielle de Posidonie de 20 x 20 cm. Les feuilles sont coupées et placées dans des sacs en plastique fermés afin d'éviter toute perte et on a placé les rhizomes dans des sacs séparés.

Au laboratoire : raclage et lavage des feuilles, passage sur étamine de 75, 200 et 500 µm et fixation dans l'alcool 75°. Détermination, comptage et mesures des exemplaires de chaque échantillon à la loupe binoculaire.

La diversité spécifique des populations de Foraminifères a été calculée au moyen de la formule de Shannon-Weaver (1957) $H = -\sum P_i \log_2 P_i$ (où P_i = nombre d'exemplaires de l'espèce / nombre total d'exemplaires de l'échantillon).

Le dendrogramme de similitude utilise le coefficient « product moment correlation coefficient »; méthode de taxonomie numérique sur la matrice de similitudes obtenue, avec l'algorithme UPGMA (Sokal & Michener, 1958; Wishart, 1982).

Photographies au scanning réalisées avec un microscope JEOL JSM-840.

RÉSULTATS

La population de Foraminifères des 6 stations comprend 14.985 individus. L'analyse de la faune montre que les Foraminifères de ces prairies de Posidonie comptent 84 espèces (Tabl. I). La plupart des espèces appartiennent aux familles des Elphidiidae, Discorbidae, Miliolidae et Cibicididae.

Tabl. I. — Liste des espèces de Foraminifères et nombre d'individus par station. Les numéros des espèces correspondent à ceux du dendrogramme.

List of species of Foraminifera and number of specimens found in each station. Codes of species as in the dendrogram.

Espèces	SER-7	SER-8	FRE-13	FRE-14	TAB-4	TAB-5
33 <i>Textularia gramen</i>		1				
32 <i>Textularia aglutinans</i>	2		1		2	
34 <i>Textularia sagitula</i>		1				
25 <i>Fisherina striata</i>	1					
26 <i>Haplophragmoides canariensis</i>		2	5	4		
24 <i>Cyclogira carinata</i>		31	35	26	11	11
13 <i>Nubecularia lucifuga</i>	151	265	313	86	225	89
14 <i>N. massutiniana</i>	72	148	131	57	107	46
15 <i>Vertebrulina striata</i>	1		6		4	3
70 <i>Massilina secans</i>	18	6			18	8
40 <i>Quinqueloculina agglutinans</i>	14	18	3	1	24	6
41 <i>Q. aspera</i>	22	13	14		30	19
42 <i>Q. berthelotiana</i>	46	52	34	17	61	17
43 <i>Q. bradyana</i>	3	14	5		7	2
46 <i>Q. cliarensis</i>	3	2	3	1	9	10
44 <i>Q. colomi</i>	2	9	1			
45 <i>Q. costata</i>	3	5	4		2	6
47 <i>Q. disparilis</i>	5	8	4	2	3	4
49 <i>Q. duthiersi</i>	2	2				
<i>Q. dubia</i>		2				
51 <i>Q. irregularis</i>	9	31	19		12	7
50 <i>Q. juleana</i>	13	9	8	15	8	19
52 <i>Q. laevigata</i>	7	24	6		14	3
54 <i>Q. lucida</i>		2				
53 <i>Q. laticollis</i>	3		6		2	2
55 <i>Q. osinclinatum</i>		8				
56 <i>Q. pulchella</i>	1	3	2	1	1	4
58 <i>Q. quadrata</i>	5	4	8	2	5	8
59 <i>Q. reticulata</i>	2	6	4		2	2
<i>Q. rotunda</i>		34				
60 <i>Q. rugosa</i>	20		6	6	15	18
<i>Q. seminulum</i>						2
61 <i>Q. stelligera</i>	20	68	22	5	24	15
62 <i>Q. striata</i>	6	11	4		14	3
64 <i>Q. ungeriana</i>	84	116	36		118	67
63 <i>Q. undulata</i>	4	5	4		9	6
65 <i>Q. vulgaris</i>	45	58	9		46	50
68 <i>Q. cf. atlantica</i>	22	31	23	10	38	27
<i>Q. cf. parvula</i>					1	
66 <i>Q. cf. duthiersi</i>		1				
67 <i>Q. cf. seminulum</i>	2	1	5		3	
75 <i>Sigmolina costata</i>	3	2		1	7	2
76 <i>S. schlumbergeri</i>		1				
72 <i>Spiroloculina cymbium</i>	9	16	7	3	7	2
74 <i>S. depressa</i>		2				
71 <i>S. excavata</i>	1	1	1	2	4	2
73 <i>S. scita</i>	0	5	8	0	0	0
86 <i>Triloculina adriatica</i>	1					
77 <i>T. labiosa</i>	2			3	1	6
81 <i>T. planiana</i>			1			
80 <i>T. plicata</i>	10		2		1	1
79 <i>T. rotunda</i>	1	1				
78 <i>T. semicostata</i>	31	3	41	13	62	32
85 <i>T. suborbicularis</i>	2		7	4	14	
82 <i>T. trigonula</i>	72	2	5		22	15
83 <i>T. cf. plicata</i>					6	
84 <i>T. siderobottomi</i>			7			
22 <i>Peneroplis pertusus</i>	51	75	115	39	98	56
23 <i>P. planatus</i>	10	14	11	9	14	11
31 <i>Globulina gibba</i>		2		1	2	
29 <i>Bolivina</i> sp.		28			1	
38 <i>Trifarina bradyi</i>					1	
19 <i>Discorbis mira</i>		1	9	4	4	2
<i>D. opercularis</i>	1					
20 <i>D. obtusa</i>	183	737	566	280	147	206
16 <i>Discorbinella bertheloti</i>	47	203	99	52	72	36
17 <i>Rosalina globularis</i>	107	93	90	30	100	77
21 <i>R. valvulata</i>	9			1		2
39 <i>Glabrattella patelliformis</i>	10	66	39	32	12	22
18 <i>Asterigerinata mamilla</i>	54	63	45	39	34	42
28 <i>Patellina</i> sp.	5	7	6	4	1	
12 <i>Ammonia beccari</i>	16	18	14	2	13	17
1 <i>Elphidium advenum</i>	10	95	25	10	14	6
2 <i>E. complanatum</i>	24	39	10	15	15	10
3 <i>E. crispum</i>	25	20	40	10	32	22
4 <i>E. macellum</i>	326	259	518	306	460	358
5 <i>E. mac. var. aculeatum</i>	278	275	215	145	345	235
6 <i>E. maioricensis</i>	1	1				
30 <i>Globigerina</i> sp.	3	4	3	1	3	4
35 <i>Eponides repandus</i>			2			
37 <i>Orbulina universa</i>						1
7 <i>Cibicides lobatulus</i>	250	354	211	135	312	195
8 <i>C. refulgens</i>	74	95	86	63	74	74
9 <i>Cibicides variabilis</i>	6	21	115	9	9	12
10 <i>Planorbulina acervalis</i>	2	3	11	6	4	4
11 <i>P. mediterraneensis</i>	44	34	45	21	49	35
36 <i>Astronionium cf. siderobottomi</i>	3		4	7	2	6
27 <i>Melonis barleanum</i>	1	10	5	9	2	3

Tabl. II. — En haut, Pourcentage de la nature du test. En bas, diversité des Foraminifères de l'herbier de Posidonies du Cap Creus.

Above, Shell nature percentage. Below, diversity of the Foraminifera from the Cap Creus.

Nature du test	Stations					
	SER-7	SER-8	FRE-13	FRE-14	TAB-4	TAB-5
Calcaire-perforé	66,742%	68,597%	67,305%	79,494%	62,700%	70,251%
Calcaro-porcelanoides	33,258%	31,292%	32,507%	20,240%	37,221%	29,749%
Agglutiné	0	0,111%	0,188%	0,266%	0,079%	0

Stations	n indiv. total	n familles	n genres	n espèces	diversité
TA-5	1.953	13	22	57	4,409
P.SER-7	2.210	14	23	64	4,487
P.SER-8	3.608	17	25	68	4,445
FR-13	3.195	17	23	62	4,293
FR-14	1.502	18	24	46	3,990

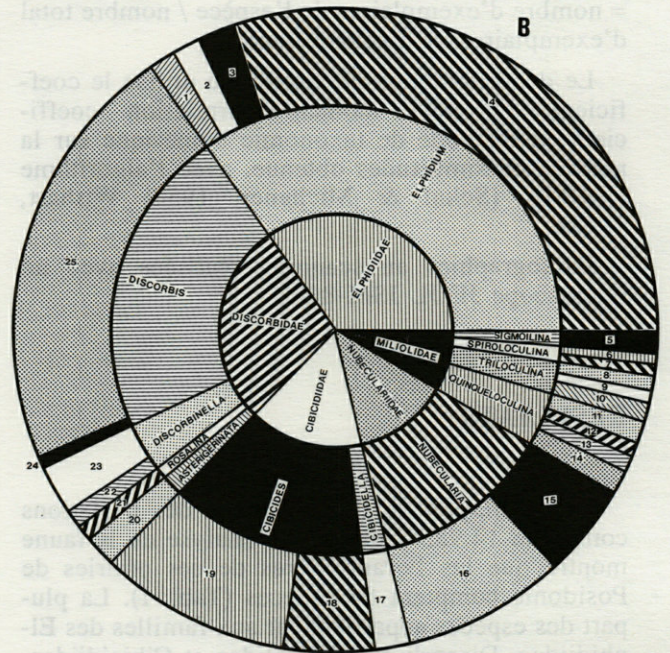
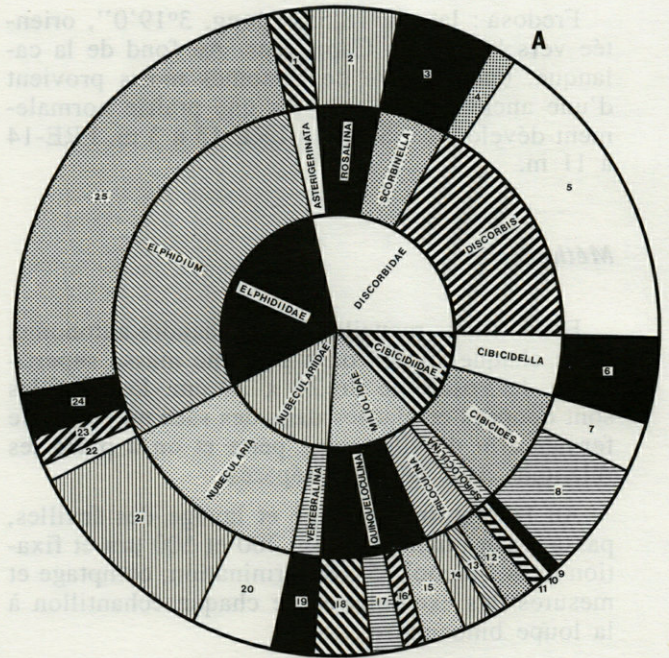
En ce qui concerne la nature du test, 69 % des espèces ont un test calcaire-perforé (Tabl. II).

L'examen des diagrammes circulaires (Fig. 4-6) montre que les populations de Foraminifères sont sensiblement identiques dans les différentes stations. Néanmoins, il faut noter que les familles les plus abondantes sont les Elphiidae et les Discorbidae aux stations FRE-13, FRE-14, SER-8 et TAB-5, tandis qu'aux stations TAB-4 et SER-5 les familles dominantes sont les Elphiidae et les Miliolidae. Les familles les mieux représentées sont également celles qui sont présentes dans toutes les stations.

Fig. 4. — Diagrammes circulaires des familles, genres et espèces les plus abondantes dans les stations FRE-13 (A) et FRE-14 (B).

Diagrams of the families, genera and species which are more abundant in the stations FRE-13 (A) and FRE-14 (B). FRE-13 : 1, *Asterigerinata mamilla*; 2, *Rosalina globularis*; 3, *Discorbinella bertheloti*; 4, *Discorbis mira*; 5, *D. obtusa*; 6, *Cibicidella variabilis*; 7, *Cibicides refulgens*; 8, *C. lobatulus*; 9, *Spiroloculina excavata*; 10, *S. cymbium*; 11, *S. scita*; 12, autres; 13, *Triloculina suborbicularis*; 14, *T. semicostata*; 15, autres; 16, *Quinqueloculina cf. atlantica*; 17, *Q. berthelotiana*; 18, *Q. ungeriana*; 19, *Vertebralina striata*; 20, *Nubecularia massutiniana*; 21, *N. lucifuga*; 22, *Elphidium complanatum*; 23, *E. advenum*; 24, *E. crispum*; 25, *E. crispum*. FRE-14 : 1, *E. crispum*; 2, *E. advenum*; 3, *E. complanatum*; 4, *E. macellum*; 5, *Sigmoilina costata*; 6, *Spiroloculina excavata*; 7, *S. cymbium*; 8, *Triloculina labiosa*; 9, *T. suborbicularis*; 10, *T. semicostata*; 11, autres; 12, *Q. cf. atlantica*; 13, *Q. juleana*; 14, *Q. berthelotiana*; 15, *Nubecularia massutiniana*; 16, *N. lucifuga*; 17, *Cibicidella variabilis*; 18, *Cibicides refulgens*; 19, *C. lobatulus*; 20, *Asterigerinata mamilla*; 21, *Rosalina valvulata*; 22, *R. globularis*; 23, *Discorbinella bertheloti*; 24, *Discorbis mira*; 25, *D. obtusa*.

Les espèces les plus abondantes dans chaque station sont les suivantes : FRE-13 et FRE-14 : *Elphidium macellum* et *Discorbis obtusa*; TAB-5 : *E. macellum* et *Rosalina globularis*; TAB-4 : *E. macellum*, *E. macellum* var. *aculeatum* et *Quinqueloculina ungeriana*; SER-7 : *E. macellum* et *E. macellum* var. *aculeatum*; SER-8 : *Discorbis obtusa*. Il faut aussi remarquer l'abondance d'espèces de *Quinqueloculina* (30 d'espèces ou variétés). *Nubecularia*, représenté par 2 espèces :



N. lucifuga et *N. massutiana*, a été trouvé dans toutes les stations avec un grand nombre d'individus.

L'indice microfaunistique de diversité spécifique présente des valeurs très élevées comprises entre 3,99 – 4,4 bits/individu (Tabl. II). Ce tableau comprend aussi le nombre d'espèces recueillies, les genres et les familles, ainsi que le nombre total de Foraminifères.

Une étude de l'affinité interspécifique (coefficient de corrélation), avec les 83 espèces les plus

abondantes a été réalisée. Le résultat de l'analyse de similitude est représenté graphiquement par un dendrogramme (Fig. 5).

A un niveau hiérarchique plus élevé, on observe 5 troncs dont on peut différencier des sous-groupes. C'est ainsi que de A on diversifie A1 et A2; ces groupes d'espèces s'unissent au niveau de distance 0.396.

Le groupe A comprend 19 espèces. Le sous-groupe A1 est constitué par des espèces qui sont, en général, plus abondantes à peu de profondeur. Pour la plupart, ce sont des espèces qui apparaissent constamment mais avec des pourcentages bas, excepté *D. obtusa* (20) et *Discorbinella bertheloti* (16), qui sont très abondantes et qui indiquent des eaux relativement propres et peu affectées par la pollution (Mateu, 1984). *Discorbis obtusa* (20) est une des espèces dominantes de la prairie posidonicole.

Le groupe A2 réunit, entre autres, *Globigerina* sp. (30), qui est une espèce planctonique dont il est facile de trouver des exemplaires isolés dans les prairies de Posidonie.

Le groupe B réunit 22 espèces, en général, abondantes et caractéristiques des prairies de Posidonie. Il comprend les espèces 5 (*Elphidium macellum* var. *aculeatum*), 7 (*Cibicides lobatulus*) et 11 (*Planorbulina mediterranensis*) qui appartiennent à des familles qui ont aussi été trouvées dans ce milieu par Blanc-Vernet (1984). Ce groupe comprend une espèce thermophile, *Peneropolis planatus* (23), caractéristique des eaux profondes.

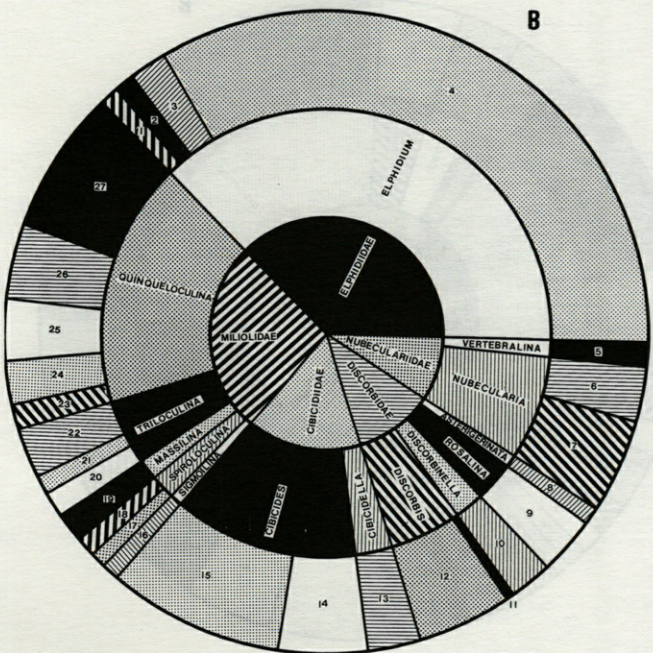
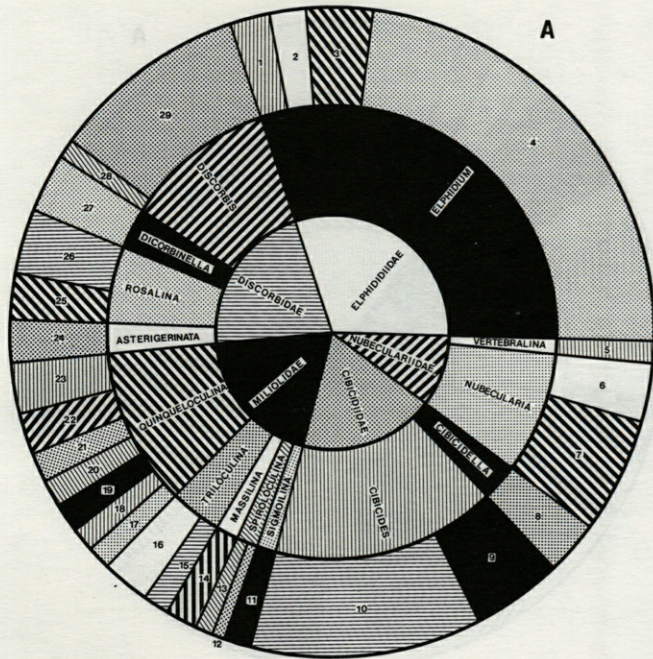


Fig. 5. – Diagrammes circulaires des familles, genres et espèces les plus abondantes dans les stations TAB-5 (A) et TAB-4 (B).

Diagrams of the families, genera and species which are more abundant in the stations TAB-5 (A) and TAB-4 (B). TAB-5 : 1, *Elphidium complanatum*; 2, *E. advenum*; 3, *E. crispum*; 4, *E. macellum*; 5, *Vertebrealina striata*; 6, *Nubecularia massutiniana*; 7, *N. lucifuga*; 8, *Cibicides lobatulus*; 9, *Cibicides refulgens*; 10, *C. lobatulus*; 11, *Sigmoilina costata*; 12, *Spiroloculina cymbium*; 13, *S. excavata*; 14, *Massilina secans*; 15, autres; 16, *Triloculina semicostata*; 17, autres; 18, *Quinqueloculina berthelotiana*; 19, *Q. juleana*; 20, *Q. aspera*; 21, *Q. cf. atlantica*; 22, *Q. vulgaris*; 23, *Q. ungeriana*; 24, *Asterigerinata mamilla*; 25, *Rosalina valvulata*; 26, *R. globularis*; 27, *Discorbinella bertheloti*; 28, *Discorbis mira*; 29, *D. obtusa*. TAB-4 : 1, *Elphidium advenum*; 2, *E. complanatum*; 3, *E. crispum*; 4, *E. macellum*; 5, *Vertebrealina striata*; 6, *Nubecularia massutiniana*; 7, *N. lucifuga*; 8, *Asterigerinata mamilla*; 9, *Rosalina globularis*; 10, *Discorbinella bertheloti*; 11, *Discorbis mira*; 12, *D. obtusa*; 13, *Cibicides variabilis*; 14, *Cibicides refulgens*; 15, *C. lobatulus*; 16, *Sigmoilina costata*; 17, *Spiroloculina excavata*; 18, *S. cymbium*; 19, *Massilina secans*; 20, autres; 21, *Triloculina trigonula*; 22, *T. semicostata*; 23, autres; 24, *Q. aspera*; 25, *Q. cf. atlantica*; 26, *Q. berthelotiana*; 27, *Q. ungeriana*.

Dans le tronc C, on trouve des espèces de la famille Miliolidae pour la plupart et qui appartiennent au genre *Quinqueloculina*.

Le tronc D est formé par des espèces hétérogènes. Le sous-groupe D1 comprend certaines espèces abondantes et dominantes tel que *Elphidium macellum* (4).

Le tronc E groupe des espèces abondantes telles que *Q. juleana* (50) et *T. semicostata* (78). La 1^{ère} se trouve généralement dans des eaux plus profondes. *Orbulina universa* (37) est une espèce planctonique qui n'est pas rare dans la prairie de Posidonie.

CONCLUSIONS ET DISCUSSION

La population totale des Foraminifères comptabilisés (14.985 individus) dans les stations prospectées reflète de façon significative la biocénose posidonicole de cette région.

Dans les études réalisées sur des populations de Foraminifères épiphytes de *P. oceanica* en Méditerranée occidentale, Blanc-Vernet (1984) trouve que les familles suivantes sont les plus abondantes : Cibicidiidae, Planorbulinidae et Elphidiidae. Cependant, au Cap Creus les plus abondantes sont : Elphidiidae, Discorbidae, Cibicididae et Miliolidae, tandis que les Planorbulinidae sont très peu abondantes dans cette région et présentent une diversité spécifique réduite.

Ces familles plus abondantes, se maintiennent ainsi à toutes les profondeurs étudiées, mais avec des pourcentages différents. Comme les Planorbidae, les Cibicidiidae sont moins représentés au Cap Creus que dans les prairies de Posidonie de Méditerranée orientale (Blanc-Vernet, 1984).

Au Cap Creus, les Elphidiidae, qui caractérisent les eaux superficielles, diminuent, bien qu'en faible proportion, avec la profondeur. Ceci est dû à leur forme qui leur permet d'adhérer aux feuilles

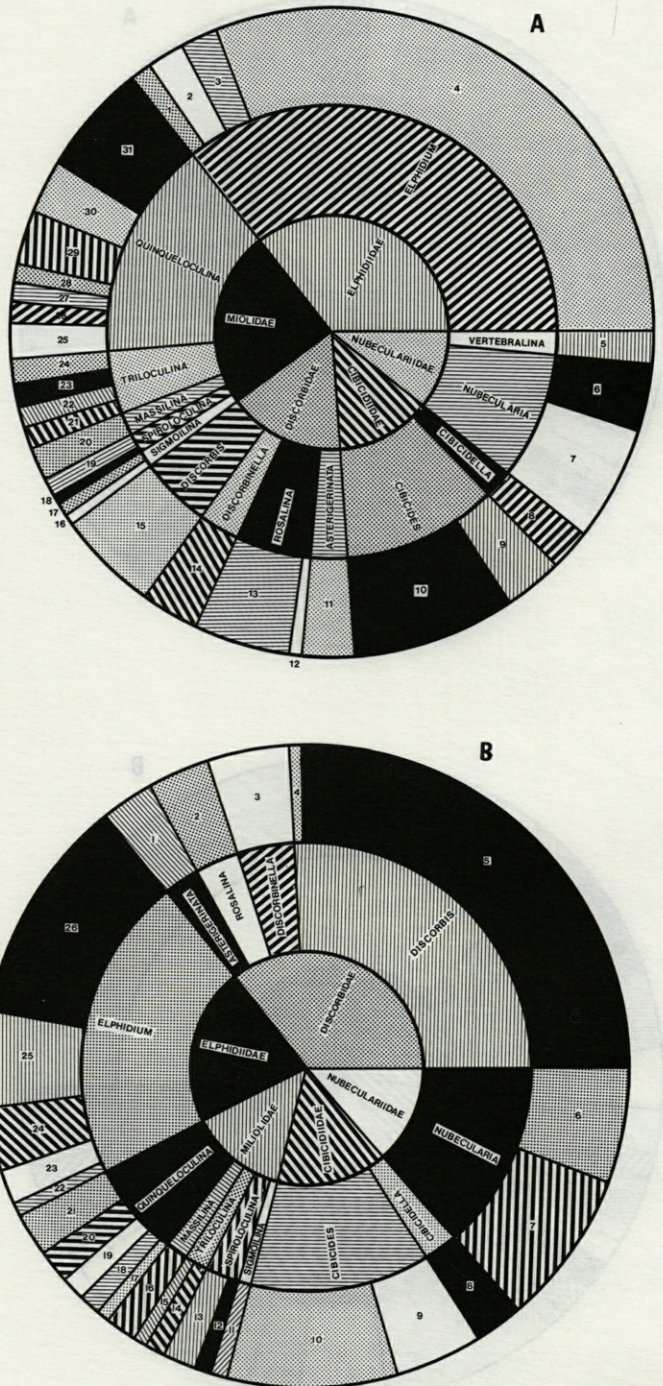


Fig. 6. - Diagrammes circulaires des familles, genres et espèces les plus abondantes dans les stations SER-7 (A) et SER-8 (B).

Diagrams of the families, genera and species which are more abundant in the stations SER-7 (A) and SER-8 (B). SER-7 : 1, *Elphidium advenum*; 2, *E. complanatum*; 3, *E. crispum*; 4, *E. macellum*; 5, *Vertebralina striata*; 6, *Nubecularia massutiniana*; 7, *N. lucifuga*; 8, *Cibicidella variabilis*; 9, *Cibicides refulgens*; 10, *C. lobatulus*; 11, *Asterigerinata mamilla*; 12, *Rosalina mira*; 13, *R. globularis*; 14, *Discorbinella bertheloti*; 15, *Discorbis obtusa*; 16, autres; 17, *Sigmoilina costata*; 18, *Spiroloculina excavata*; 19, *S. cymbium*; 20, *Massilina secans*; 21, autres; 22, *Triloculina plicata*; 23, *T. trigonula*; 24, *T. semicostata*; 25, autres; 26, *Q. stelligera*; 27, *Q. cf. atlantica*; 28, *Q. aspera*; 29, *Q. vulgaris*; 30, *Q. berthelotiana*; 31, *Q. ungeriana*. SER-8 : 1, *Asterigerinata mamilla*; 2, *Rosalina globularis*; 3, *Discorbinella bertheloti*; 4, *Discorbis mira*; 5, *D. obtusa*; 6, *Nubecularia massutiniana*; 7, *N. lucifuga*; 8, *Cibicidella variabilis*; 9, *Cibicides refulgens*; 10, *C. lobatulus*; 11, *Sigmoilina costata*; 12, autres; 13, *Spiroloculina cymbium*; 14, autres; 15, *Triloculina semicostata*; 16, *Massilina secans*; 17, autres; 18, *Quinqueloculina vulgaris*; 19, *Q. berthelotiana*; 20, *Q. stelligera*; 21, *Q. ungeriana*; 22, *Elphidium maioricensis*; 23, *E. crispum*; 24, *E. complanatum*; 25, *E. advenum*; 26, *E. macellum*.

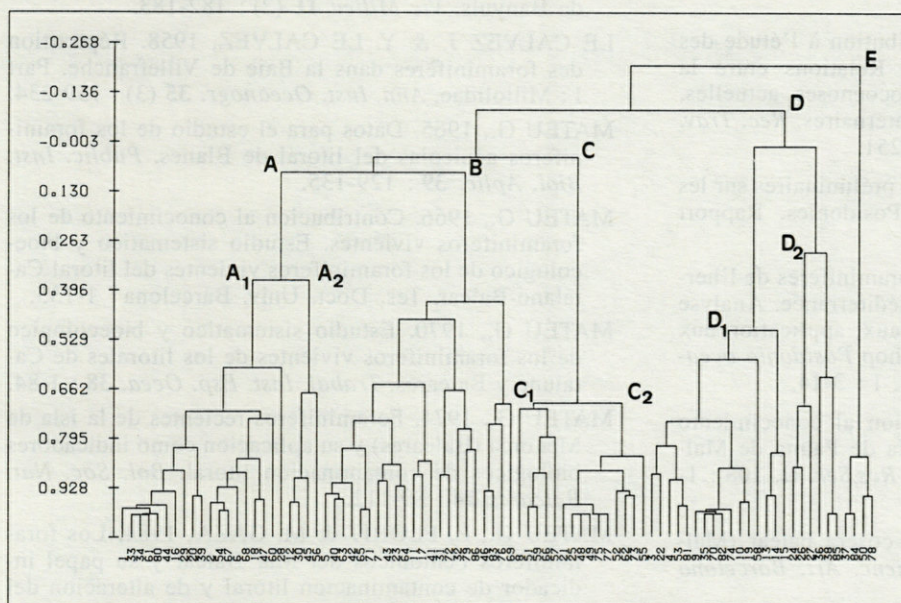


Fig. 7. — Dendrogramme d'affinités (espèces numérotées comme au Tabl. I).

Affinity dendogram (species numbers as in Table I)

de la Posidonie, d'où ils sont plus facilement balayés par les mouvements de l'eau superficielle.

Les Soritidae, famille thermophile, ne sont représentés que par un genre et deux espèces *Peneroplis pertusus* et *P. planatus* au Cap de Creus. Comme prévu, les familles moins abondantes sont constituées par des formes typiques de sédiment, telles que les Rotaliidae. Dans les stations étudiées, les espèces les plus abondantes sont les mêmes. Seul le nombre total d'individus varie en raison d'une plus ou moins grande exposition aux vagues. Nous n'avons pas constaté une diminution, de la taille des individus d'une même espèce aux différentes profondeurs (3-18 m).

La population de Foraminifères de la région (Tabl. I) est constituée par deux grands groupes d'espèces : des espèces dominantes et abondantes (*Elphidium macellum*, *Discorbis obtusa*, *Discorbinaella bertheloti*, *Rosalina globularis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Glabratella patelliformis*, *Quinqueloculina ungeriana*, *Q. vulgaris*, *Q. berthelotiana*, *Nubecularia lucifuga*, *Triloculina semicostata*) et des espèces constantes et peu abondantes (*Cyclogira carinata*, *Vertebralina striata*, *Asterigerinata mamilla*, *Ammonia beccarii*, *E. complanatum*, *Cibicidella variabilis*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Massilina secans*, *Q. pulchella*, *Q. stelligera*, *Q. disparilis*, *Q. duthiersi*, *Q. irregularis*).

Si nous comparons les populations de chaque station nous constatons que les différences dans le nombre total d'individus, ainsi que dans l'index de diversité sont dues à plusieurs facteurs :

— Cycles biologiques des Foraminifères à chaque station,

— Différences dans l'apport nutritif (phyto-plancton),

— Variations physico-chimiques de l'eau, surtout variation du régime des vents qui produisent une turbulence des eaux en surface et qui déterminent le lavage des individus qui sont adhérents aux feuilles.

Phénomènes possibles de compétition interspécifique et intraspécifique, ainsi que concurrence pour l'espace vital avec d'autres groupes d'organismes.

L'analyse de similitude donne la relation d'affinité interspécifique. Parmi les 5 groupes principaux, A comprend des espèces de faible profondeur et d'eaux généralement propres et non polluées (Mateu, 1974). Le groupe B comprend aussi des espèces de petite profondeur caractéristiques de prairies de Posidonie, identiques à celles que Blanc-Vernet (1984) trouve dans ce milieu. Le groupe C est formé d'espèces hétérogènes, dont certaines abondent dans la prairie. Le groupe D comprend des espèces très fréquentes et représentées par un grand nombre d'exemplaires. Le groupe E rassemble des espèces rares et peu abondantes.

REMERCIEMENTS — Les auteurs tiennent à remercier le Dr. D.G. Mateu et Melle M. Gaza, Institut Espagnol d'Océanographie de Palma de Mallorca, pour leur aide dans l'identification de certains spécimens, le Dr. F. Pereira et Melle G. Alos, Faculté de Biologie, Université de Barcelone, pour leur contribution à l'étude de la zone prospectée et pour l'obtention du matériel d'étude; et le Service de Microscopie Electronique de l'Université de Barcelone, où les photographies ont été faites.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC-VERNET L., 1969. Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée. Relations entre la microfaune et le sédiment. Biocoenoses actuelles, thanatocoenoses pliocènes et quaternaires. *Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume* **64** (48) : 1-251.
- BLANC-VERNET L., 1977. Etudes préliminaires sur les foraminifères de l'herbier de Posidonies. Rapport C.N.E.X.O. (76-4043) : 1-12.
- BLANC-VERNET L., 1984. Les Foraminifères de l'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée. Analyse des assemblages, aspects régionaux, application aux microfaunes fossiles. Int. Workshop *Posidonia oceanica* Beds, GIS Posidonie Publ., 1 : 3-14.
- COLOM G., 1942. Una contribucion al conocimiento de los Foraminiferos de la Bahía de Palma de Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oc. Not y Res.Ser. II*, **108** : 1-53.
- COLOM G., 1964. Sedimentacion cosera balear (Mallorca-Menorca). *Mem. Acad. Cienc. Art. Barcelona* **39** (15) : 495-550.
- COLOM G., 1974. Foraminiferos ibéricos. (Introduccion al estudio de las especies bentonicas recientes). *Inv. Pesq.* **38** (1) : 245 p.
- GAZA M., 1984. Foraminiferos bentonicos de la Bahía de Palma de Mallorca : Estudio sistematico, ecologico y su papel indicador en la hidrodinamica litoral. Tes. Licenc. Univers. Palma de Mallorca (indédite) : 1-333.
- KERNEIS A., 1960. Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de posidonies de la région de Banyuls. *Vie Milieu* **11** (2) : 182-183.
- LE CALVEZ J. & Y. LE CALVEZ, 1958. Répartition des foraminifères dans la Baie de Villefranche. Part I : Miliolidae. *Ann. Inst. Oceanogr.* **35** (3) : 159-234.
- MATEU G., 1965. Datos para el estudio de los foraminiferos acucolas del litoral de Blanes. *Public. Inst. Biol. Aplic.* **39** : 129-135.
- MATEU G., 1966. Contribucion al conocimiento de los foraminiferos vivientes. Estudio sistematico y bioecologico de los foraminiferos vivientes del litoral Catalano-Balear. Tes. Doct. Univ. Barcelona : 1-135.
- MATEU G., 1970. Estudio sistematico y bioecologico de los foraminiferos vivientes de los litorales de Cataluna y Baleares. *Trabaj. Inst. Esp. Ocea.* **38** : 1-84.
- MATEU G., 1974. Foraminiferos recientes de la isla de Menorca (Baleares) y su aplicacion como indicadores biologicos de contaminacion litoral. *Bol. Soc. Nat. Baleares* **14** : 89-112.
- MATEU G., L. FLORIT & M. GAZA, 1984. Los foraminiferos bentonicos del Mar Balear y su papel indicador de contaminacion litoral y de alteracion del medio posidonicola. *Inst. Estudis balear.* **15** : 9-36.
- SOKAL R.R. & C.D. MICHENER, 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas C.I. Bull.* **39** : 1409-1438.
- WISHART D., 1982. Clustan 2.1 User Manual (3^e édition), Edinburgh University.
- Reçu le 9 mai 1989; received May 9, 1989
 Accepté le 3 juillet 1989; accepted July 3, 1989

UN LOGICIEL DE TRAITEMENT DES HISTOGRAMMES DE STRUCTURE DE POPULATION PAR LA MÉTHODE DES DIFFÉRENCES LOGARITHMIQUES DE BHATTACHARYA

A program for analysis of population structure histograms using Bhattacharya's method of logarithmic differences

M. LEPETIT ⁽¹⁾, S. LORANCHET ⁽¹⁾, P. GILLET ⁽²⁾, J.M. MARION ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut de Mathématiques Appliquées, 3 place André Leroy, 49008 Angers Cédex 01, France

⁽²⁾ Laboratoire d'Ecologie Animale, 3 place André Leroy, 49008 Angers Cédex 01, France

DÉMÉCOLOGIE
DYNAMIQUE DES POPULATIONS
ANALYSE DE DONNÉES
HISTOGRAMMES

RÉSUMÉ – Le logiciel « BHATTA », réalisé en Turbo Pascal sur IBM PC, permet le traitement des histogrammes de structure de population. La base de l'étude est l'analyse de la dynamique des populations à partir d'histogrammes de fréquences de taille. Le logiciel « BHATTA », élaboré à partir de la méthode des différences logarithmiques de Bhattacharya, permet un découpage des histogrammes afin d'isoler les composantes gaussiennes et d'en estimer les paramètres : effectif de l'échantillon, moyenne et écart-type de chaque classe d'âge ou cohorte pour établir les courbes de croissance de chaque cohorte.

DEMECOLOGY
POPULATION DYNAMICS
DATA ANALYSIS
HISTOGRAMS

ABSTRACT – The software « BHATTA », achieved in Turbo Pascal on IBM PC makes possible histogram analysis for population structure. The base of the study is an analysis of population dynamics from histograms of size frequency. The program « BHATTA », made from the method of logarithmic differences of Bhattacharya, cuts the histograms in order to display gaussian components and to estimate the parameters : number (size of sample), mean and standard deviation for each generation or cohort to determine growth curves for each cohort.

INTRODUCTION

La plupart des études démographiques ou de dynamique des populations se font à partir d'histogrammes de fréquence représentant la variation d'un critère biométrique tel que la taille, le poids, etc... (Barbault, 1981; Grant *et al.* 1987).

Pour séparer les différentes composantes gaussiennes d'une population, c'est-à-dire les différentes générations ou cohortes qui la composent, il est nécessaire d'utiliser une méthode mathématique. Cette méthode peut être graphique (Harding, 1949; Cassié, 1954) mais longue et fastidieuse ou informatisée et donc beaucoup plus performante tel que Elefan (Brey *et al.*, 1988).

La méthode de Bhattacharya (1967) avait déjà fait l'objet d'un programme informatisé, le programme NORMSEP d'optimisation par le maximum de vraisemblance (Hasselblad, 1966) en

Fortran IV sur Hewett Packard 9825 A (Tomlison, 1970). Ce programme avait été utilisé par Laurent et Lassere (1974) pour la détermination des classes d'âge de Daurades *Sparus aurata*, et par Gros et Cochard (1978) dans l'étude biologique du Crustacé *Nyctiphanes couchii*.

Le logiciel « BHATTA », du nom de Bhattacharya (1967), auteur d'une méthode des différences logarithmiques pour séparer une distribution en composantes gaussiennes, a été réalisé en Turbo Pascal avec les utilitaires Grafix-Toolbox sur micro-ordinateur IBM PC. Ce logiciel permet le découpage des histogrammes de fréquences de taille afin d'isoler les différentes composantes et d'estimer les paramètres : effectif de l'échantillon, moyenne et écart type de chaque groupe ou cohorte en vue d'établir les courbes de croissance de chaque cohorte.

Le logiciel « BHATTA », plus convivial, grâce à une série de menus, permet la coloration des dif-

férentes cohortes et offre une plus large utilisation dans les études de dynamique des populations grâce à une compatibilité plus importante.

MÉTHODE

La méthode des différences logarithmiques de Bhattacharya (1967), basée sur une résolution graphique, permet de séparer les composantes gaussiennes d'une population. La distribution des fréquences d'un caractère biométrique est supposée suivre une loi de Laplace-Gauss. On isole ainsi un certain nombre d'entités statistiques et/ou biologiques que l'on appelle sous-populations, classes d'âge, générations ou cohortes. La méthode permet de déterminer les paramètres moyenne et écart-type des composantes gaussiennes et calcule l'effectif théorique de chacune des composantes. Les fréquences résiduelles correspondent à des effectifs non pris en compte dans la sélection des droites, c'est-à-dire, des points non alignés qui correspondent, soit à des chevauchements de courbes, soit à des erreurs d'échantillonnage. La méthode se divise en deux parties : d'une part, la détermination du nombre k de sous-populations normales contenues dans la distribution, puis la détermination pour chacune d'elles, des paramètres : effectif, moyenne et écart type.

On note :

$y(x)$, l'effectif observé pour la classe de point médian x

h , la longueur de l'intervalle de la classe

On trace alors le graphique des points de coordonnées $(x, \delta \log y)$ avec $\delta \log y = \log y(x+h) - \log y(x)$, et on recherche les régions où le graphique ressemble à une droite à pente négative. Sous certaines hypothèses, le nombre de telles régions est le nombre des composantes. Si l'on note r le point d'intersection de la $r^{\text{ième}}$ droite avec l'axe des abscisses, θ_r l'angle de la $r^{\text{ième}}$ droite avec l'axe des abscisses, b et d les échelles respectives pour x et $\delta \log y$, alors les paramètres gaussiens (moyenne et écart-type) pour la $r^{\text{ième}}$ composante sont respectivement donnés par les formules suivantes :

$$\mu_r = \alpha r + h/2$$

$$\sigma^2 = (d^*h^* \cot \theta_r / b - (h^2/12))$$

On suppose que la fonction des fréquences de taille est un mélange de k distributions gaussiennes de paramètres (N_i, μ_i, θ_i) $i = 1, \dots, k$ et on se place dans l'hypothèse de distributions de composantes suffisamment séparées pour qu'il existe, pour chaque composante, un voisinage suffisant dans lequel l'influence des autres composantes est relativement négligeable.

RÉSULTATS

Les résultats fournis par le logiciel « BHATTA » se présentent sous trois formes permettant une sortie graphique. Tout d'abord, le menu permet d'afficher l'histogramme (fig. 1a) où figure l'effectif de chaque classe et l'effectif de l'échantillon de la population. Dans un 2^e temps, le logiciel affiche le graphique des différences logarithmiques (fig. 1b). A chaque segment coupant l'axe des abscisses correspond un groupe (cohorte). Il suffit alors d'entrer les points correspondants à chacune des régions ainsi mises en évidence. Le logiciel offre différentes options, en particulier, le traitement des fréquences résiduelles (cas des points non alignés). Enfin, le logiciel permet d'obtenir l'histogramme découpé (fig. 1c), où les cohortes

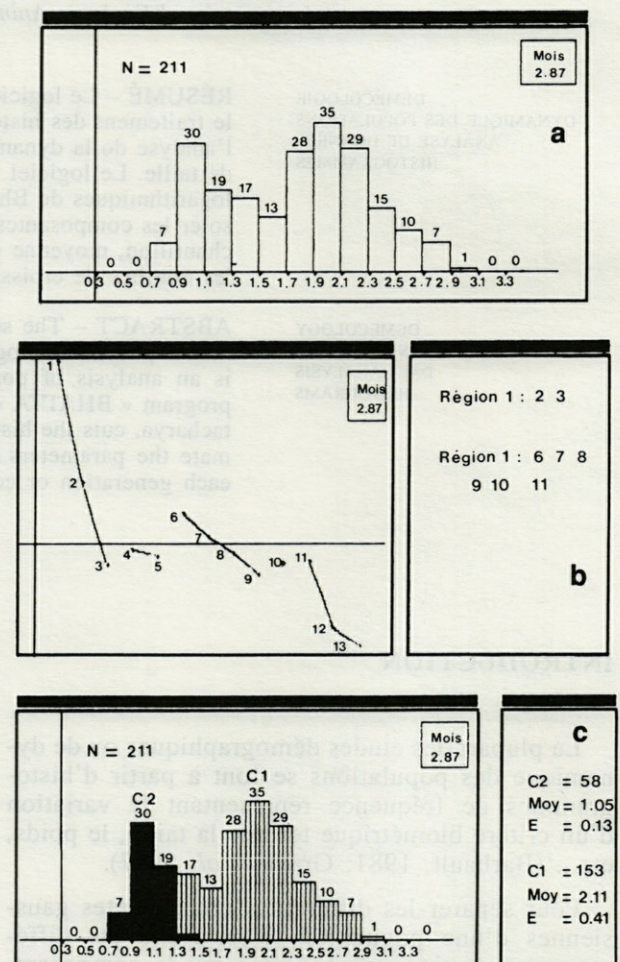


Fig. 1. — Structure d'une population de *Nereis diversicolor* (Annélide Polychète) de l'estuaire de la Loire (1987). a, histogramme des fréquences de taille; b, graphique des différences logarithmiques; c, histogramme découpé et paramètres.

Structure of a population of *Nereis diversicolor* (Annelida Polychaeta) from Loire estuary (1987). a, histogram of size frequency; b, graphic of logarithmic differences; c, cut histogram and parameters.

isolées sont coloriées de façon différente. Les paramètres effectif, moyenne et écart type sont affichés dans une fenêtre à droite de l'histogramme découpé.

Le premier exemple (fig. 1) est l'échantillon d'une population de *Nereis diversicolor* (Annélide Polychète) de l'estuaire de la Loire de février 1987 (Gillet, 1990). L'histogramme présente 2 classes modales de, respectivement 30 et 35 individus. Le graphique des différences logarithmiques met en évidence 2 segments : les segments formés des points 1, 2, 3 et 6, 7, 8, 9 qui coupent l'axe des abscisses. L'utilisateur retiendra donc l'hypothèse de 2 régions. Pour la première, on choisira les points 2 et 3, excluant le point 1 afin de ne pas avoir un effectif trop important surestimant la cohorte C2 par rapport à la cohorte C1. A l'inverse, en plus des points 6, 7, 8, 9, on traitera les fréquences résiduelles en tenant compte des points 10 et 11 afin que l'effectif de la cohorte C1 soit suffisant. On peut noter d'ailleurs qu'en tenant compte des points 10 et 11 on obtient un segment avec les points 12 et 13; tous ces points faisant partie de la même région. L'histogramme découpé est alors tracé avec la cohorte C1 en hachures et la cohorte C2 en noir. Les paramètres sont affichés dans une fenêtre. Les effectifs sont de 58 pour le groupe 1 (C2) et 153 pour le groupe 2 (C1) soit un effectif total de 211 individus. La taille moyenne est de 1.05 mm avec un écart type de 0.13 pour C2 et 2.11 mm avec un écart type de 0.41 pour C1.

DISCUSSION

Il nous a paru intéressant de tester le logiciel à partir d'un histogramme correspondant à des fréquences calculées à partir de la densité de la loi normale centrée réduite. Ceci afin d'examiner le problème de l'importance des effectifs, puis de tester la validité des résultats obtenus par le traitement des fréquences résiduelles. Nous avons ainsi construit 2 histogrammes avec 2 précisions différentes. Les valeurs des fréquences calculées pour un effectif de 70 étaient les suivantes : 20,2 - 11 - 3,3 - 0,5 - 0,5 - 3,3 - 11 - 20,2

On a alors construit les 2 histogrammes à partir des fréquences suivantes : 1 - 3 - 11 - 20 - 20 - 11 - 3 - 1 et 5 - 33 - 110 - 202 - 202 - 110 - 33 - 5

Les résultats obtenus (fig. 2) sont plus corrects lorsque la précision est plus grande; en effet, la droite est parfaite pour le second histogramme, alors que pour le premier histogramme les points 1 et 7 en sont exclus (précision de 1/70 pour le cas 1 et 1/700 pour le cas 2).

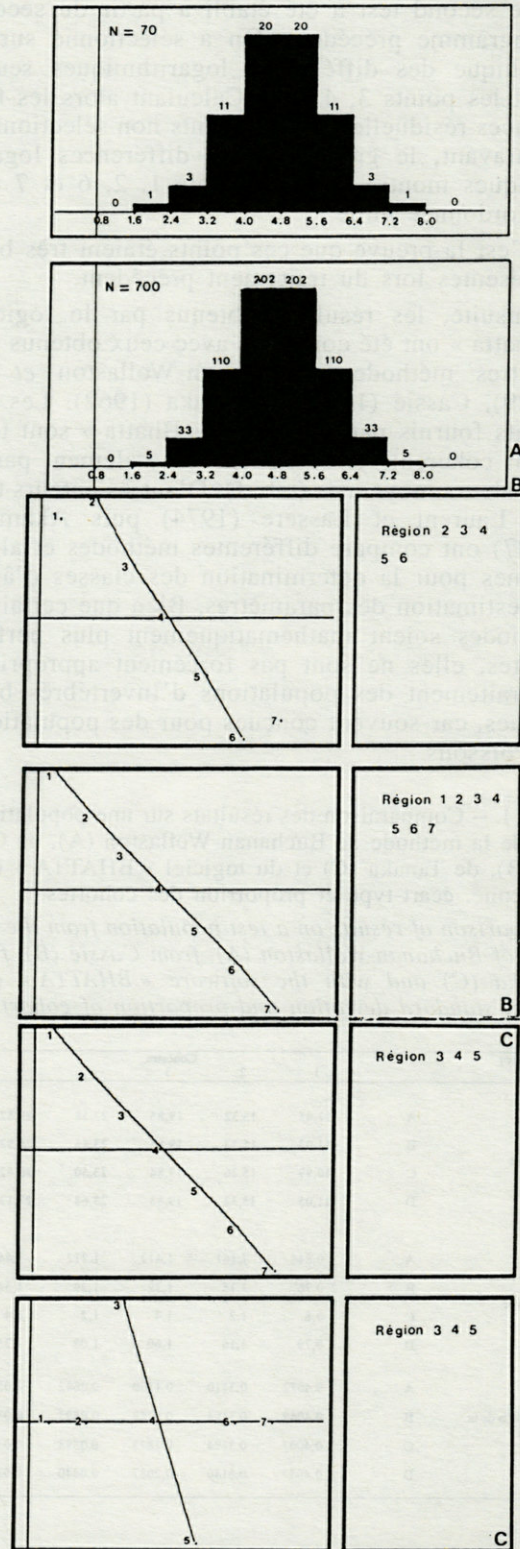


Fig. 2. - Histogrammes des fréquences de taille et graphiques des différences logarithmiques d'une même population avec des effectifs de 70 à 700 individus.

Histograms of size frequency and graphics of logarithmic differences for the same population with total number from 70 to 700 individuals.

Le second test a été établi à partir du second histogramme précédent. On a sélectionné sur le graphique des différences logarithmiques seulement les points 3, 4 et 5. Calculant alors les fréquences résiduelles sur les points non sélectionnés auparavant, le graphique des différences logarithmiques montre que les points 1, 2, 6 et 7 ont une ordonnée nulle.

C'est la preuve que ces points étaient très bien représentés lors du traitement précédent.

Ensuite, les résultats obtenus par le logiciel « Bhatta » ont été comparés avec ceux obtenus par d'autres méthodes : Buchanan-Wollaston *et al.* (1929), Cassié (1954) et Tanaka (1962). Les résultats fournis par le logiciel « Bhatta » sont tout à fait cohérents et se situent généralement parmi les valeurs moyennes (tab. I). D'autres auteurs tels que Laurent et Lassere (1974) puis Akamine (1987) ont comparé différentes méthodes et algorithmes pour la détermination des classes d'âges et l'estimation des paramètres. Bien que certaines méthodes soient mathématiquement plus performantes, elles ne sont pas forcément appropriées au traitement des populations d'Invertébrés benthiques, car souvent conçues pour des populations de Poissons.

Tabl. I. – Comparaison des résultats sur une population-test de la méthode de Buchanan-Wollaston (A), de Cassié (B), de Tanaka (C) et du logiciel « BHATTA » (D). Moyenne, écart-type et proportion des cohortes.

Comparison of results on a test population from the method of Buchanan-Wollaston (A), from Cassié (B), from Tanaka (C) and with the software « BHATTA » (D). Mean, standard deviation and proportion of cohorts.

Paramètres	Cohortes					
	1	2	3	4	5	
Moyenne	A	11,05	15,32	19,85	23,58	26,82
	B	11,02	15,33	19,85	23,46	26,92
	C	10,99	15,26	19,84	23,50	26,82
	D	11,05	15,32	19,88	23,64	27,12
Ecart-type	A	0,844	1,161	1,412	1,212	1,443
	B	0,76	1,15	1,32	1,29	1,54
	C	0,8	1,2	1,4	1,2	1,4
	D	0,79	1,16	1,60	1,09	1,23
Proportion de la cohorte	A	0,4072	0,3110	0,1860	0,0642	0,0316
	B	0,4049	0,3164	0,1788	0,0693	0,0307
	C	0,4007	0,3194	0,1873	0,0598	0,0328
	D	0,4037	0,3140	0,2087	0,0440	0,0290

CONCLUSION

Le logiciel « Bhatta » réalisé en Turbo Pascal sur IBM PC à partir de la méthode des différences logarithmiques de Bhattacharya (1967) permet le traitement des histogrammes de fréquence utilisés

dans les études de dynamique des populations. Les utilisations sont nombreuses et les exemples sur la dynamique des populations d'Annélides Polychètes peuvent être étendus à d'autres groupes zoologiques : Mollusques, Crustacés... mais également aux Vertébrés ou à toute étude de structure démographique utilisant des critères biométriques : taille, poids...

L'utilisation est facilitée grâce à une série de menus et au coloriage qui augmentent la convivialité du logiciel et le rend accessible à un utilisateur n'ayant aucune connaissance particulière en informatique.

BIBLIOGRAPHIE

- AKAMINE T., 1987. Comparison of algorithms of several methods for estimating parameters of a mixture of normal distributions. *Bull. Jpn Sea Reg. Fish. Res. Lab.* **37** : 259-277.
- BARBAULT R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Masson, Paris, 200 p.
- BHATTACHARYA, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* **23** (1) : 115-135.
- BREY T., M. SORIANO & D. PAULY, 1988. Electronic length frequency analysis. A revised and expanded user's guide to elefan 0,1 and 2. *Ber. Inst. Meeresk.* **177** : 31 p.
- BUCHANAN-WOLLASTON H.G. & W.C. HODGSON, 1929. A new method of treating frequency curves in fishery statistics with some results. *J. Cons.* **4** : 207-225.
- CASSIE R.M., 1984. Some uses of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* **5** : 513-522.
- GILLET P., 1990. Biomasse, production et dynamique des populations de *Nereis diversicolor* (Annélide polychète) de l'estuaire de la Loire. *Oceanologica Acta* **13** (3) : 361-371.
- GRANT A., P.J. MORGAN & P.J.W. OLIVE, 1987. Use made in marine ecology of methods for estimating demographic parameters from size/frequency data. *Mar. Biol.* **95** (2) : 201-208.
- GROS P. & J.C. COCHARD, 1978. Biologie de *Nyctiphanes couchii* dans le secteur Nord du Golfe de Gascogne. *Ann. Inst. Oceanogr. Paris* **54** (1) : 25-46.
- HARDING J.F., 1949. The use of probability paper for graphical analysis of polymodal frequency distributions. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **28** : 141-153.
- HASSELBLAD V., 1966. Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. *Technometrics* **8** (3) : 431-446.
- LAURENT M. & G. LASSERRE, 1974. Détermination des classes d'âge dans trois échantillons de Daurade (*Sparus aurata* L.). Comparaison de la méthode sca-

limétrique et de la méthode des différences logarithmiques. *Ann. Hydrobiol.* 5 (1) : 73-76.

TANAKA S., 1962. A method of analysing of polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of Porgy, *Tarus tumifrons* (J. and S.). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 19 (6) : 1143-1159.

TOMLISON P.K., 1970. Program NORMSEP - Normal distribution separator 11 (1) 2. 1 to 11 (1) 2. 10 in Abramson N.J. F.A.O. Fish Tech. Pap., 101 p.

Reçu le 17 janvier 1990; received January 17, 1990
Accepté le 25 octobre 1990; accepted October 25, 1990

6^e CONGRÈS EUROPÉEN D'ÉCOLOGIE

organisé par
la Fédération Européenne d'Ecologie
et la Société Française d'Ecologie
MARSEILLE, FRANCE. 7-11 SEPTEMBRE 1992

PROGRAMME PROVISOIRE

Séances plénières : conférences et communications (le matin)

- Impacts urbains sur les écosystèmes
- Risques écologiques
- Génétique écologique et comportement
- Bases écologiques en vue de la conservation de la biodiversité

Sessions parallèles (l'après-midi)

- Contraintes écologiques et stratégies des cycles de vie
- Génétique, dynamique et stratégies des cycles de vie
- Dynamique des écosystèmes et modélisation des populations en habitat fragmenté
- Impact de la déforestation sur les écosystèmes naturels
- Perturbations
- Intégration des communautés dans leur environnement physique
- Approches théoriques de l'écologie et étude de cas
- Dynamique et hétérogénéité
- Risques environnementaux du contrôle biologique et du génie génétique
- Ecologie microbienne
- Bioénergétique et comportements trophiques

Ateliers (soir)

Langue principale du congrès : anglais; français accepté (en cas de traduction simultanée)

Information

Dr. D. Bellan-Santini, Centre d'Océanologie, Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, 13007 Marseille, France. Fax : 33.91.04.16 35

European Ecological Federation, General Secretary, Dr. P. Enckell, Dept. of Ecology, Ecology Building, Lund University, S 22362, Lund, Sweden. Fax : 46.46.119552

Dr. G. Bonin, Biosystématique et Ecologie Méditerranéenne, Université de Provence, Centre St Jérôme, rue Escadrille Normandie-Niemen, 13397 Marseille, France. Fax : 33.91.02.05.50

Programme Secretary, D. P. Giller, Dept. of Zoology, University College, Lee Maltings, Prospect Row, Cork, Ireland.

Fax : 353.21.274034

6th EUROPEAN ECOLOGICAL CONGRESS

Organised by
European Ecological Federation
and Société Française d'Ecologie
MARSEILLE, FRANCE - SEPTEMBER 7-11, 1992

PROVISIONAL PROGRAMME

Morning plenary sessions

- Urban impacts on ecosystems
- Ecological risk
- Ecological genetics and behavioural ecology
- Ecological basis for biodiversity conservation

Afternoon sessions

- Ecological constraints and life history strategies of plants and animals
- Genetics, dynamics and modelling of populations in fragmented habitats
- Ecosystem dynamics, landscape changes and human impact
- Impact of afforestation on natural ecosystems
- Disturbance
- Integration between the physical environment and communities
- Theoretical approaches to ecology and case studies
- Dynamics and heterogeneity
- Environmental risks of biological control and genetically engineered organisms
- Microbial ecology
- Bioenergetics and trophic behaviour

The Congress language will be English, but French is accepted if simultaneous translation is available

Information

Congress Office

Dr. D. Bellan-Santini, Centre d'Océanologie, Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, 13007 Marseille, France. Fax : 33.91.04.16.35

European Ecological Federation

General Secretary, Dr. P. Enckell, Dept. of Ecology, Ecology Building, Lund University, S 22362, Lund, Sweden. Fax : 46.46.119552

Dr. G. Bonin, Biosystématique et Ecologie Méditerranéenne, Université de Provence, Centre St Jérôme, rue Escadrille Normandie-Niemen, 13397 Marseille, France. Fax : 33.91.02.05.50

Programme Secretary, Dr. P. Giller, Dept. of Zoology, University College, Lee Maltings, Prospect Row, Cork, Ireland. Fax : 353.21.274034

SEASONAL VARIATION OF DDT AND PCB ACCUMULATION IN MUSCLE OF CARP (*CYPRINUS CARPIO*) AND EELS (*ANGUILLA ANGUILLA*) FROM THE EBRO DELTA, SPAIN

X. RUIZ, G.A. LLORENTE

Dept. de Biologia Animal (Vertebrats), Fac. de Biologia de la Universitat de Barcelona, Av. Diagonal, 645, 08028 Barcelona, Spain

DDT
PCB
CARPS
EELS
EBRO DELTA

ABSTRACT – The seasonal variations in PCB and DDT accumulation levels in carp and eels from the Ebro Delta throughout an annual cycle are described. The two types of organochlorine compounds are ubiquitous in the samples analyzed. Variations in accumulation patterns are related to biological events (e.g. reproduction) and environmental changes (water flow, pesticide treatment, etc.). When comparing the levels of pollutant accumulation in carp (detritivore-herbivore) and eels (carnivore), PCB levels reached in the two species are very similar, while DDTs display an important variation, being higher for eels than carp. The total organochlorine load in eels from the Ebro Delta is lower than in eels from a similar ecosystem, the Venice Lagoon. This difference is mainly due to a greater PCB load in Venetian eels. Conversely, DDT concentrations are higher (double) in eels from the Ebro Delta. The PCB and DDT concentrations in carp and eels from the Ebro Delta are lower than the tolerance levels set by the U.S.F.D.A., but controls extended to further species are needed in order to assess risk factors associated with organochlorine pollution in this area.

DDT
PCB
CARPE
ANGUILLE
DELTA DE L'EBRE

RÉSUMÉ – Les variations saisonnières de PCB et du DDT des Carpes et des Anguilles du delta de l'Ebre sont suivies pendant un cycle annuel. Les deux types de composés organochlorés sont omniprésents dans les échantillons analysés. Les niveaux d'accumulation sont mis en relation avec les différentes phases du cycle biologique des deux espèces de Poissons (reproduction) et aussi par les changements d'ordre écologique (flux aquatique, traitements phytosanitaires). Quand on compare les niveaux d'accumulation des Carpes (détritivores-herbivores) et des Anguilles (carnivores), on constate que les niveaux de PCB des deux espèces sont très similaires. Au contraire, les DDT montrent une variation importante, présentant une concentration plus élevée pour les Anguilles que pour les Carpes. La quantité totale de pesticides organochlorés des Anguilles du delta de l'Ebre ne dépasse pas les niveaux de tolérance donnés par l'U.S.F.D.A., mais les contrôles doivent être étendus à d'autres espèces pour pouvoir évaluer les facteurs de risque associés avec la pollution par des organochlorés dans cette zone méditerranéenne.

INTRODUCTION

The Ebro Delta is a natural ecosystem which has been highly stressed by human activities (Ruiz *et al.*, 1981). It is also the wetland environment most highly polluted by organochlorines of all those studied in Spain (Alberto 1979; Ruiz *et al.*, 1979; Alberto & Nadal, 1981; Grimau, 1983; Ruiz, 1982; Llorente, 1984) and the only area on the European Mediterranean coast where p.p'. DDE and PCBs have been claimed to produce a

decrease in avian eggshell thickness (Ruiz *et al.*, 1983; Llorente, 1984).

Nevertheless, no detailed study of pollution by organochlorines on fish from the Ebro Delta coastal lagoons has been undertaken up to now.

In this paper we estimate the variations of DDTs and PCBs in fish from the Ebro Delta throughout an annual cycle (see study area). In order to do so, we have chosen two species, both of which are very abundant and consumed by humans : Carp (*Cyprinus carpio*) and eel (*Anguilla*

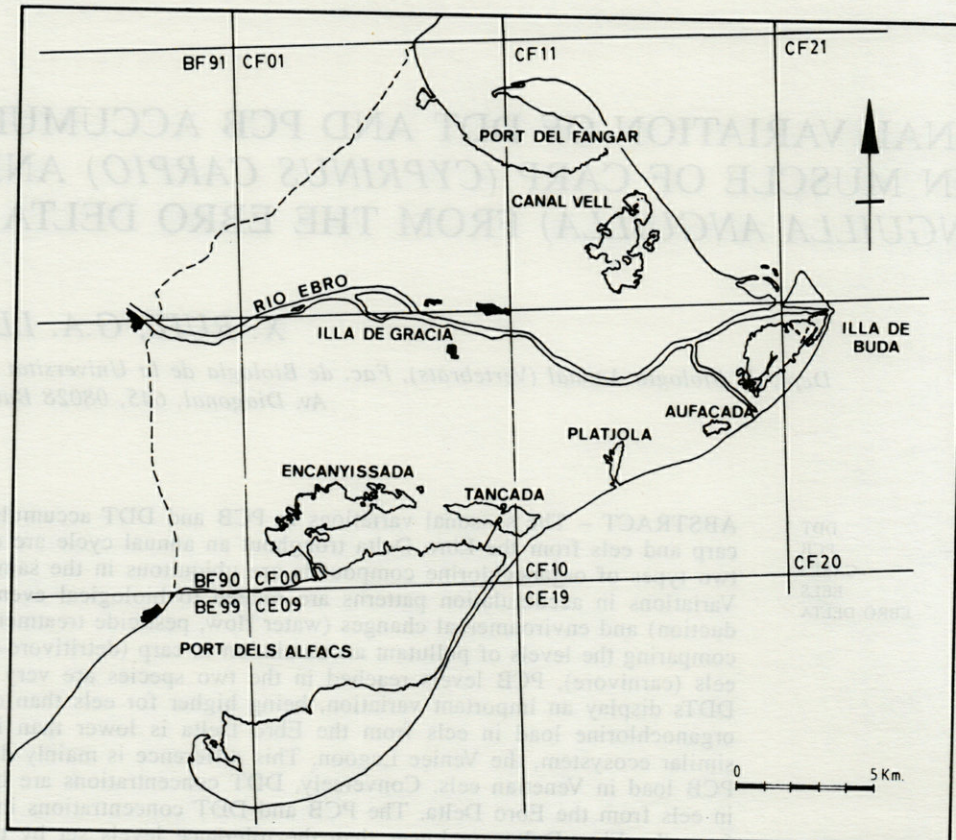


Fig. 1. - Map of the Ebro Delta showing sampling locality.

anguilla). These two species are situated at different levels in the food-web of the Delta ecosystem. Carp is a detritivore-herbivore and the eel is a carnivore. This provides the basis for discussing the relative importance of biomagnification and of the seasonal variations in the organochlorine accumulation in those fish.

Prospects of creating fish and aquaculture developments in the Ebro Delta add further relevance to the evaluation of the organochlorine pollution impact on fish from this area.

STUDY AREA

The Ebro Delta (Fig. 1) is an alluvial plain which is over 350 km² in extension. It is cultivated intensively and rice fields occupy approx. 40 % of the total surface area.

Rice cultivation needs a constant water supply because rice fields must always be flooded. Water is diverted from the Ebro river into the fields by means of an extensive network of irrigation channels all over the Delta plain. The cultivation cycle begins in April, when the channels are opened and the fields are flooded by water. Thereafter, active circulation of water continues down to the coastal

lagoons until the end of rice harvesting in November. Channels are closed in December.

This hydrological cycle has great biological significance because it regulates the dynamics of productivity in the Ebro Delta and determines the timing of reproduction for most species (Ruiz *et al.*, 1981; Ruiz, 1985; Llorente & Ruiz, 1985). Moreover, organochlorine pollutants and pesticides in general reach wildlife through this cycle.

MATERIAL AND METHODS

Sampling

Carp and eels were sampled during 1985 at monthly intervals in the Canal Vell lagoon or in the channels near it (Fig. 1). The specimens were measured, weighed, labelled, and preserved frozen at - 20°C until analysis.

From these collections we prepared composite samples of dorsal muscle for both species separately, following Bernhard's methods (1976), in order to obtain direct mean levels for DDT and PCB, as well as for extractable lipid on a fresh weight basis. It has to be noted, however, that data calculated on a fat basis would only be arithmetic

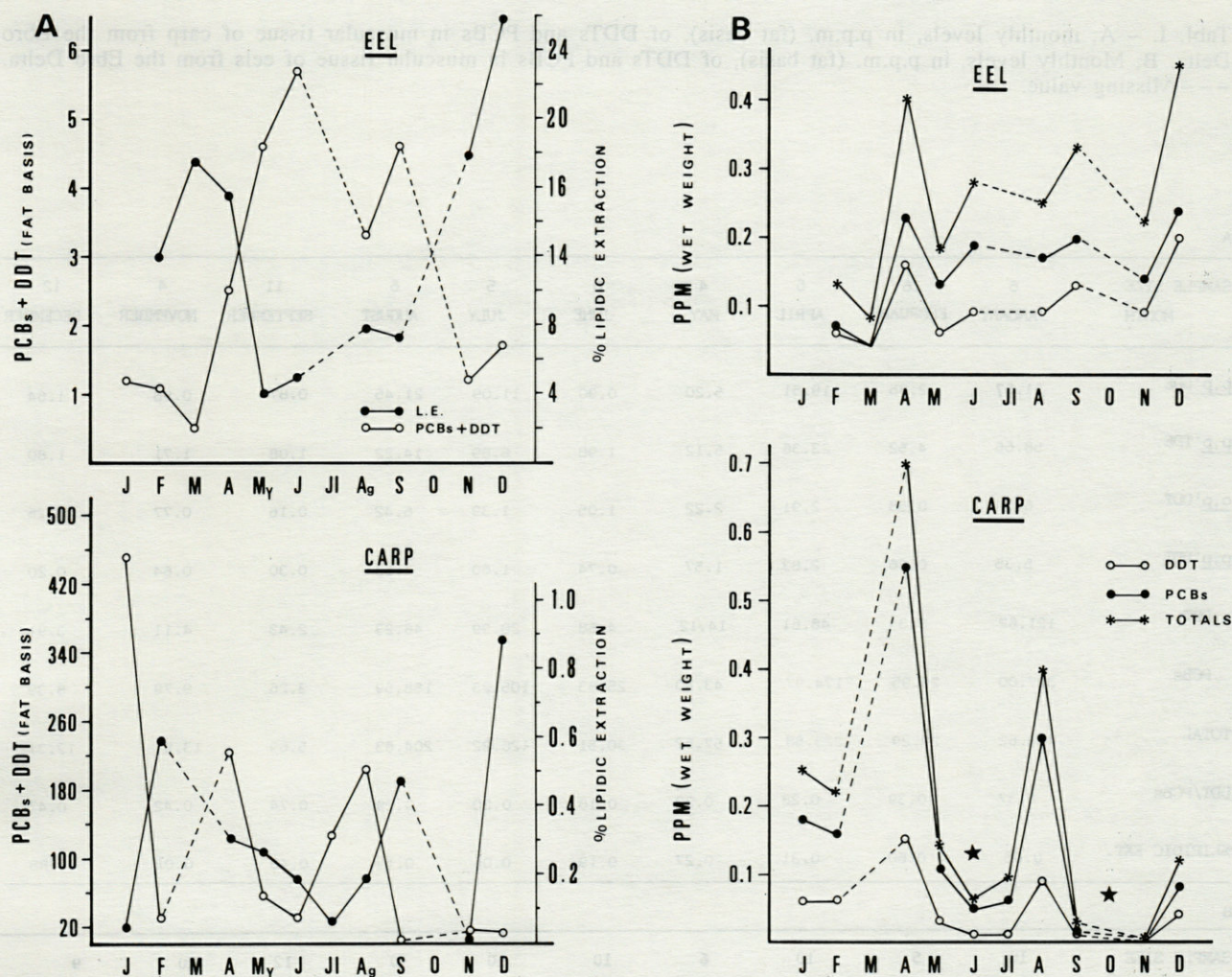


Fig. 2. - A, annual variation pattern of levels (p.p.m., fat basis) of DDT + PCBs and Lipidic extraction percentage for carp and eels from the Ebro Delta. Reproduction periods for carp starred. B, annual variation pattern of mean levels (p.p.m., wet weight) of DDT, PCBs and DDT + PCBs for carp and eels from the Ebro Delta.

mean values if all individual samples of a composite sample contained the same amount of fat.

Because of the intrinsic variability in lipid contents of the axial musculature of finfish (Brandes and Dietrich in Phillips, 1980), special care was given to take always the same portion and weight of muscle.

Analytical procedures

The muscular tissue was ground with anhydrous sodium sulphate and extracted with n-hexane (residue-free quality) in a Soxhlet apparatus for 4 hours. A portion of the extract was used to weigh the quantity of extractable fat per gram of muscle. An aliquot containing 1 g of extractable fat was cleaned-up with sulphuric acid following the method of Murphy (1972).

Chromatographic analysis was carried out on a Perkin-Elmer Sigma 3B model GLC, equipped

with a Grob Splitter (250°C), Ni63 E.C.D. (350°C) and a Sigma 15 data station. The chromatography was carried out on a fused silica capillary column (0.25 mm internal diameter, 60 m long) with SPB-1 as stationary phase (0.25 µm film thickness). Splitless technique was used to inject 1 µl of the purified extract (equivalent to 1 mg of extractable fat).

Temperature was programmed as follows: injection at 40°C to 160°C at 25°C min⁻¹ rate. Temperature constant for one min., and then increased from 160°C to 250°C at 2°C min⁻¹ rate. Temperature constant at 250°C until the end of the analysis. Heptachlor was used as an internal standard to assess the intrinsic variability of the analyses (Aguilar and Borrell, 1985). The DDTs (p,p' DDE, p,p' TDE (=DDD), o,p' DDT, p,p' DDT) were confirmed by an alkaline attack (OHNa) which yielded their olefins, and reinjection of the sample. Polychlorobiphenyls were not altered by this procedure, so it was used to quantify the two groups of compounds as suggested by Watts (1980). A

Tabl. I. - A, monthly levels, in p.p.m. (fat basis), of DDTs and PCBs in muscular tissue of carp from the Ebro Delta. B, Monthly levels, in p.p.m. (fat basis), of DDTs and PCBs in muscular tissue of eels from the Ebro Delta. --- Missing value.

A										
SAMPLE SIZE	6	16	6	4	6	5	6	11	4	12
MONTH	JANUARY	FEBRUARY	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUGUST	SEPTEMBER	NOVEMBER	DECEMBER
P.P'DDE	51.57	2.85	19.51	5.20	0.90	11.09	21.45	0.87	0.98	1.64
P.P'TDE	58.66	4.52	23.36	5.12	1.98	6.89	14.22	1.08	1.71	1.80
O.P'DDT	6.04	0.58	2.91	2.22	1.05	1.39	6.42	0.16	0.77	0.26
P.P'DDT	5.35	0.36	2.83	1.57	0.74	1.60	4.13	0.30	0.64	0.20
DDT	121.62	8.34	48.61	14.12	4.68	20.99	46.23	2.43	4.11	3.91
PCBs	327.00	20.95	174.97	43.40	25.83	105.23	158.59	3.26	9.79	8.39
TOTAL	448.62	29.29	223.58	57.52	30.51	126.22	204.83	5.69	13.91	12.31
DDT/PCBs	0.37	0.39	0.28	0.32	0.18	0.20	0.29	0.74	0.42	0.47
%LIPIDIC EXT.	0.05	0.60	0.31	0.27	0.19	0.06	0.19	0.48	0.01	0.88
B										
SAMPLE SIZE	10	5	10	6	10	10	10	12	10	9
MONTH	JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	AUGUST	SEPTEMBER	NOVEMBER	DECEMBER
P.P'DDE	0.18	0.15	0.09	0.34	0.48	0.48	0.32	0.37	0.17	0.43
P.P'TDE	0.20	0.26	0.11	0.45	0.65	0.84	0.56	1.14	0.23	0.32
O.P'DDT	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05	0.15	0.03	0.04	0.01	0.02
P.P'DDT	0.01	0.05	0.17	0.24	0.17	0.36	0.17	0.31	0.02	0.02
DDT	0.44	0.50	0.23	1.06	1.41	1.85	1.10	1.87	0.44	0.81
PCBs	0.78	0.58	0.25	1.48	3.16	3.89	2.17	2.74	0.78	0.93
TOTAL	1.19	1.09	0.48	2.55	4.58	5.75	3.27	4.61	1.23	1.74
DDT/PCBs	0.52	0.86	0.89	0.72	0.44	0.47	0.50	0.68	0.57	0.87
%LIPIDIC EXT.	---	11.93	17.51	15.52	4.00	4.96	7.81	7.22	17.88	25.88

mixture of Aroclor^R 1254/1260 (50/50) was used to quantify PCBs following the Webb and McCall (1973) method with a computer program. PCB concentration was calculated as the sum of individual peaks.

RESULTS

The levels on an extractable fat basis (see above) of PCB and DDT in the muscle of carp and eels throughout the annual cycle are given in tables I and II. Both DDTs (p,p' DDE, p,p' TDE, o,p' DDT, p,p' DDT) and PCBs are ubiquitous, although there are considerable monthly variations (Fig. 2).

In carp, there is a concentration peak in January, followed by two smaller peaks in April and August. The minimum is attained in September. If the percentage of extractable fat is compared to organochlorine load expressed on fat basis, it can be seen that, in general, there is an inverse relationship between the two parameters (Fig. 2A), except for spring (Apr.-June) and autumn (Sept.-Nov.). In these periods there is a decrease in both organochlorine load and muscle fat contents. If the total amount of organochlorine in muscle (PCBs + DDT) is expressed on a wet weight basis, a different variation profile is obtained (Fig. 2B). The smallest pollutant levels are detected in Nov., the maximum peak for January disappears, April and August peaks continue to be evident, and a new peak appears in Dec., indicating a net intake of organochlorines in muscle. When expressing results on a fat basis, this last peak is masked by an increase in fat reserves which dilutes pollutants.

Tabl. II. - Geometric mean values for April + December subsample levels of organochlorines in carp and eels from the Ebro Delta.

geometric mean	fat basis levels		wet weight levels		total load	
	eel	carp	eel	carp	eel	carp
DDT	0.932	13.799	0.187	0.076	6.782	2.603
PCBs	1.175	38.335	0.235	0.210	8.550	7.233
total	2.109	52.462	0.423	0.288	15.354	9.898
% Lipid ext	20.041	0.523	-	-	-	-
g muscul tissue	36.310	36.075	-	-	-	-

In eels, a clear inverse relationship between the percentage of extractable fat and the organochlorine load (on a fat basis) also occurs, except for December, when a recovery of fat reserves in muscle appears together with an increase in organochlorine load.

Similarly to carp, the variation profile of the PCBs + DDT load is different when expressing values on a wet weight basis (Fig. 2B). In this case the maximum levels are attained in April and Dec., not in June and Sept. The minimum is maintained for March in the two variation profiles.

DISCUSSION

The striking difference in organochlorine concentrations per unit weight of lipid between carp and eels is highly attenuated when expressing results on a wet weight basis. This is explained by the great difference in extractable fat contents between the two species. Therefore, in order to compare them, we used monthly mean levels expressed on a wet weight basis since the applied method of preparing composite samples does not yield mean concentrations on the lipid basis anyhow (see Material and Methods).

In the case of carp, the pollutant concentration peak for April can be related to the opening of channels at the beginning of the rice cycle (see study area). The massive inflow of water stirs up the sediment, thus re-suspending particles and rendering possible the intake by fish of pollutants adsorbed to these particles (Phillips, 1980). Later, when turbidity decreases, the fish partition pollutants back to the environment (Hamelink *et al.*, 1971; Scura & Theilacker, 1977; Shea *et al.*, 1980; Schneider, 1982). This process might explain the decrease in organochlorine levels in May. Thereafter, a decrease in both pollutants and fat contents occurs, which is probably linked to the reproduction period.

In August, a new increase in organochlorine levels is noted. This peak indicates a net intake of pollutants related to pesticide use in the Ebro Delta both for land-farming and in mosquito treatment. In autumn, a new process of de-contamination occurs and a minimum of PCBs and DDT loads is reached in November. This process is similar to that which takes place in spring (May-June) and can be explained by a second period of reproduction, as is known to occur in the carp of the Ebro Delta.

In December there is a new increase in pollution levels which occurs together with an increase in the fat contents of muscle. This is the time when channels are completely closed and water circulation ends. Under such conditions, the water level decreases by evaporation, thus concentrating both food and pollutants. As a result of this process, carp fatten and incorporate more pollutants.

With regard to eels (Fig. 2) there are two clearly delimited periods in which muscle fat contents differ. They are higher from November to April, and lower from May to September. The difference is significant ($U = 0$, $p = 0.01$) and could be attributable to the fact that eels sampled in autumn and winter are migrants, caught just before leaving the lagoon, while Spring and Summer eels are residents which are not yet ready to initiate migration and have low fat contents in muscle tissues.

When expressing levels on a wet weight basis, two clear peaks appear in April and December, as

happened with carp. The factors producing these two peaks for eels are probably the same as for carp: the influx of water and stirring up of sediments in April, and the concentration of residual water in December.

When comparing overall residue levels between carp and eels, it is worth noting that from June to December eels display higher mean levels than carp, while between January and April the situation is reversed. Carp are more contaminated when the water supply is cut off and the water concentrates and becomes turbid (Shea *et al.*, 1980; Young *et al.*, 1977; Saiki and Schmitt, 1986).

In eels the process is very similar, but the changes appear to be less clear because eels almost exclusively inhabit the lagoons in which the water mass fluctuates much less and, consequently, the seasonal variation in pollutants is less marked.

Another point to be taken into consideration is the biological cycle of the two species. In the Ebro Delta, carp have two periods of reproduction, whereas eels do not breed there. Consequently, carp release pollutants associated with the lipidic fraction of eggs and sperm during Spring and Autumn, whereas eels do not. This produces higher fluctuations in the pollutant load in carp.

In order to compare PCBs + DDT accumulation related to the trophic level, we have only chosen samples from April and December because these months correspond to coincident peaks of maximum accumulation for the two species.

Thus, we have calculated the geometric means for values given in tables I and II. Total organochlorine pollutant loads expressed on a fat basis are higher in carp than in eels. However, levels expressed on a wet weight basis do adjust to the biomagnification principle. Although apparently contradictory, these results are in agreement with those reached by many authors for several species, when studying bioaccumulation through food webs both in the field and in laboratory experiments (Phillips, 1980).

It is worth noting that on a wet weight basis PCB levels are very similar for the two species, DDT being mainly responsible for the differences. In the case of PCBs, it is well established that fish incorporate them mainly by direct absorption through the gills or skin (Phillips, 1980; Courtney & Langston, 1980; Larsson, 1984) although there is some evidence that they can also be incorporate via food (Sodergren, 1984).

Jensen *et al.* (1975) and Addison & Zinck (1977) have suggested the possibility that the carrying capacity for DDT in fish tissues is related to their lipidic content, in the sense that, at low fat levels, the lipidic turnover is much higher. In this way the DDT may be relocated together with the fat, making its metabolization and/or elimination easier. At first glance, this hypothesis could explain the results from this paper because eels

have much higher extractable fat levels in muscle (40 fold) than carp (G.M. eels = 20.0, carps = 0.52). However this hypothesis would require the proportion of DDT metabolites to be higher for carp than for eels, which is not the case (p.p' TDE/DDT U = 22 n.s.; p.p' DDE/DDT U = 36 n.s.; p.p' DDT/DDT U = 40.5 n.s.; two tailed Mann-Whitney U test, n.s. = not significant).

Another possibility is that concentration obtained from a subsample data are not representative of the whole muscle load as suggested by Moriarty (1984). It is recommendable, therefore, to estimate the absolute amount of pollutants present in the fish muscle. In order to do so, we have calculated the geometric mean for total muscle weight of all individuals in the sample (April and December) for each species, and then used these means as conversion factors for obtaining the μg . of pollutants in muscle per fish. The results obtained show the same trend as the figures on wet weight basis, reconfirming that eels have more DDT in muscle than carp.

A very important factor to be taken into account is the difference in habitat location of sampling for eels and carp. As was mentioned above, carp were caught in channels and rice-fields and eels in lagoons.

There is no data available for sediments, but unpublished data on another fish (*Gambusia affinis*) and bird (*Bubulcus ibis*) inhabiting the area support the idea of different availabilities of PCBs and DDTs in rice fields and channels than lagoons, although this possibility needs to be confirmed.

Pollutant levels in eels from the Ebro Delta can be compared to those present in the species from the Venice lagoon, a similar ecosystem in the Mediterranean. In order to compare pollutant loads, we have calculated geometric means for the monthly values in the Ebro Delta, and the average for the two localities studied by Fossato (1983) in the Venice lagoon. It can be seen that eels from the Ebro Delta present total organochlorine levels of about half those of Venice (G.M. DDT + PCBs E.D. = 0.232; V = 0.485). However, it is worth noting that differences are reversed for PCBs and DDT. The DDT level is higher for the Ebro Delta eels (G.M. = 0.090) than for those of Venice (G.M. = 0.035). Conversely, PCB contamination is three times higher in Venice animals (G.M. E.D. = 0.140, V = 0.450). The greater impact of DDT in the Ebro Delta is consistent with previous data obtained from waterfowl in this area (Ruiz *et al.*, 1979, 1983, 1984; Alberto, 1979; Alberto & Nadal, 1981; Llorente *et al.*, 1983, 1987).

Finally, the mean levels on a wet weight basis are far from exceeding the tolerance levels for fish tissues set by the United States Food and Drug Administration (USFDA). So the impact of PCBs and DDT in these species do not seem to constitute a risk factor for the development of fish cultures

in the Ebro Delta, although further studies covering more species are needed to evaluate organochlorine pollution in the area comprehensively.

ACKNOWLEDGEMENTS – The authors are very grateful to Drs. R. Schneider and A. Aguilar for his extensive and helpful comments on an earlier draft of this paper. Dr. J. Albaigés also made valuable comments. V. Fernandez collected the samples in the Ebro Delta. I. Pomar and A. Borrell assisted in the Laboratory tasks and M. Gonzalez typed the text and drew the figures. This research was funded by CAICYT Project nr. 1135/82 of the Spanish Government.

REFERENCES

- ADDISON R.F. & M.E. ZINCK, 1977. Rate of conversion of ^{14}C -p,p'-DDT to p,p'-DDE by brook trout (*Salvelinus fontinalis*): Absence of effect of pretreatment of fish with compounds related to p,p'-DDT. *J. Fish. Res. Bd. Canada* **34**: 119-122.
- AGUILAR A. & A. BORRELL, 1985. Blubber layering and distribution of lipophilic contaminants in Fin Whales: implications for sampling and analytical procedures. Paper SC/37/028 IWC Scientific Committee. June 1985 (unpublished), 7 p.
- ALBERTO L.J., 1979. Estudios oológicos sobre aves ibéricas: parámetros y contaminantes organoclorados. Tesis doct., Univers., Oviedo, Fac. Biol. (Leon), 282 p.
- ALBERTO L.J. & J. NADAL, 1981. Residuos organoclorados en huevos de diez especies de aves del delta del Ebro. *Publ. Dept. Zool. Barcelona* **6**: 73-83.
- BERNHARD M., 1976. Manual of methods in aquatic environmental research. Part 3. Sampling and analysis of biological material. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 124 p.
- COURTNEY W.A.W. & W.J. LANGSTON, 1980. Accumulation of polychlorinated biphenyls in Turbot. (*Scophthalmus maximus*) from seawater sediments and food. *Helgol. Meer.* **33**: 333-339.
- FOSSATO V.U., 1983. Etude des hydrocarbures chlorés dans l'environnement de la lagune de Venise. Proc. VI ICSEM/IOC/UNEP Workshop on Pollution of the Mediterranean, Cannes, 1982: 465-468.
- GRIMAU J., 1983. Geoquímica orgánica de sistemas deltaicos. Res. Tesis doct. Publ. Univ. Aut. Barcelona, 50 p.
- HAMELINK J.L., R.C. WAYBRANT & R.C. BALL, 1971. A proposal: Exchange equilibria control the degree chlorinated hydrocarbons are biologically magnified in lentic environments. *Trans. Am. Fish. Soc.* **100**: 207-214.
- JENSEN S., M. OLSSON & R. VAZ, 1975. Levels of DDT and PCB in littoral fishes along the Swedish coast. In *Proced. Soviet-Swedish Sympos. Baltic Pollution 3rd*, Stockholm, Sweden, Sept. 1975.
- LARSSON P., 1984. Uptake of sediment released PCBs by the eel *Anguilla anguilla* in static model system. In *Ecotoxicology. Proc. 3rd Oikos Conf. Ecol. Bull.* (Rasmussen, L. ed. Stockholm) **36**: 62-67.
- LLORENTE G.A., 1984. Contribucion al conocimiento de la biología y ecología de cuatro especies de anátidas en el delta del Ebro. Res. Tesis doct. Publ. Univ. Barcelona, 50 p.
- LLORENTE G.A. & X. RUIZ, 1985. Datos sobre la reproducción del pato colorado *Netta rufina* (Pallas, 1773), en el delta del Ebro. *Misc. Zool. Barcelona* **9**: 315-323.
- LLORENTE G.A., X. RUIZ & J. NADAL, 1983. Incidence des pesticides organochlorés sur trois espèces d'anatidés du delta de l'Ebre (Tarragona, Espagne). Proc. VI ICSEM/IOC/UNEP Workshop on Pollution of the Mediterranean, Cannes, 1982: 479-485.
- LLORENTE G.A., A. FARRAN, X. RUIZ & J. ALBAIGES, 1987. Accumulation and distribution of hydrocarbons, PCBs and DDT in tissues of three species of Anatidae from the Ebro Delta (Spain). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **16**: 563-572.
- MORIARTY F., 1984. Persistent contaminants, compartmental models and concentration along food-chains. In *Ecotoxicology. Proc. 3rd Oikos Conf. Ecol. Bull.* (Rasmussen, L. ed. Stockholm) **36**: 35-45.
- MURPHY P.G., 1972. Sulphuric acid for the clean-up of animal tissues for analysis of acid stable hydrocarbon residues. *J.A.O.A.C.* **55**: 1360-1362.
- PHILLIPS D.J.H., 1980. Quantitative aquatic biological indicators. Pollution Monitoring Series. Applied Science Publishers Ltd, London, 488 p.
- RUIZ X., 1982. Contribucion al conocimiento de la biología y ecología de *Bubulcus ibis* (L.) 1758 en el delta del Ebro. Tesis doct. Univ. Barcelona, 396 p.
- RUIZ X., 1985. An analysis of the diet of Cattle Egrets in the Ebro Delta. Spain. *Ardea* **73**: 49-60.
- RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1979. Residuos de plaguicidas organoclorados en avifauna del delta del Ebro. *Bol. Est. Cent. Ecología* **8** (16): 17-24.
- RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1981. Problemática de una zona litoral con amplia influencia humana: el delta del Ebro. Actas del Coloquio-Hispano-Frances sobre espacios litorales, Madrid: 197-200.
- RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1983. Incidence des composés organochlorés sur la viabilité de l'œuf du *Bubulcus ibis* dans le delta de l'Ebre. Proc. With ICSEM/IOC/UNEP Workshop on pollution of the Mediterranean, Cannes, 1982: 807-811.
- RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1984. Distribution pattern of organochlorine compounds in five tissues of *Bubulcus ibis* nestlings (Aves, Ardeidae) from the Ebro Delta, Northeast Spain. *Vie Milieu* **34** (1): 21-26.
- SAIKI M.K. & C.J. SCHMITT, 1986. Organochlorine Chemical Residues in Bluegills and Common Carps from the Irrigated San Joaquin Valley Floor, California. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **15**: 357-366.
- SCHNEIDER R., 1982. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in cod tissues from the Western Baltic: significance of equilibrium partitioning and lipid composition in the bioaccumulation of lipophilic pollutants in gill-breathing animals. *Meeresforsch* **29**: 69-79.

SCURA E.D. & G.H. THEILACKER, 1977. Transfer of the Chlorinated Hydrocarbon PCB in a Laboratory Marine Food Chain. *Mar. Biol.* **40** : 317-325.

SHEA P.J., H.J. STRECK & J.B. WEBER, 1980. Polychlorinated biphenyls : Absorption and Bioaccumulation by Goldfish (*Carassius auratus*) and Inactivation by Activated Carbon. *Chemosphere* **9** : 157-164.

SOEDERGREN A., 1984. Transfer of PCB (pentachlorobiphenyl) in a simulated aquatic food Chain. In *Ecotoxicology Proc. 3rd Oikos Conf. Ecol. Bull.* (Rasmussen L. ed. Stockholm) **36** : 31-34.

WATTS R., 1980. *In Analysis of pesticide residues in human and environmental samples. A compilation of methods selected for use in Pesticide Monitoring Programs*, Watts R. ed., U. S. Environmental Protection Agency N°600/8-80-038, Washington.

WEEB R.G. & A.C. McCALL, 1973. Quantitative PCB standards for electron capture gas chromatography. *J. Chromatogr. Sci.* **11** : 366-373.

YOUNG D.R., D. Mc DERMOTT-EHRLICH & T.C. HEESSEN, 1977. Sediment as sources of DDT and PCB. *Mar. Pollut. Bull.* **88** (11) : 254-257.

Reçu le 29 novembre 1988; received November 29, 1988
 Accepté le 11 mai 1989; accepted May 11, 1989

LLORENTE G.A., A. FARRAN, X. RUIZ & J. A. BAIGES, 1987. Accumulation and distribution of dioxin, PCBs and DDT in tissues of three species of Anadras from the Ebro Delta (Spain). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **18** : 363-372.

MORIARTY F., 1984. Persistent contaminants: comparative models and concentration along food-chains. In *Ecotoxicology Proc. 3rd Oikos Conf. Ecol. Bull.* (Rasmussen L. ed. Stockholm) **36** : 35-45.

MURPHY P.G., 1972. Sulphuric acid for the cleanup of animal tissues for analysis of acid stable hydrocarbon residues. *J.A.O.A.C.* **55** : 1369-1382.

PHILLIPS D.J.H., 1980. Quantitative aquatic biological indicators. *Pollution Monitoring Series*. Applied Science Publishers Ltd, London, 488 p.

RUIZ X., 1982. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Labridae* (L.) 1758 en el delta del Ebro. Tesis doctor Univ. Barcelona, 390 p.

RUIZ X., 1982. An analysis of the diet of *Carbo* species in the Ebro Delta, Spain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **18** : 49-60.

RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1979. Residuos de plaguicidas organoclorados en avifauna del delta del Ebro. *Rev. Esp. Cont. Ecológica* **8** (16) : 17-24.

RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1981. Propiedades de una zona húmeda con amplia influencia humana: el delta del Ebro. *Actas del Coloquio-Humanas sobre espacios húmedos*, Madrid, 197-200.

RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1983. Influencia de los compuestos organoclorados en la viabilidad de los huevos de *Labridae* (L.) en el delta del Ebro. *Rev. Esp. Cont. Ecológica* **12** : 17-24.

RUIZ X., G.A. LLORENTE & J. NADAL, 1984. Distribution pattern of organochlorine compounds in five tissues of *Labridae* fish nestlings (Aves, Ardeidae) from the Ebro Delta, Northeast Spain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **18** (1) : 21-28.

SAIKI M.K. & C.L. SCHMITT, 1988. Organochlorine Chemical Residues in Blackbirds and Common Crows from the Integrated San Joaquin Valley River California. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **15** : 357-366.

SCHNEIDER R., 1982. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in cod tissues from the Western Baltic: significance of equilibrium partitioning and lipid composition in the bioaccumulation of lipophilic pollutants in gill-breathing animals. *Chemosphere* **11** : 69-78.

ABDISON R. & M.E. ZINCK, 1977. Rate of conversion of 1,2,4,5-tetra-*p*-DDT to *p,p'*-DDE by brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Absence of effect of pretreatment of fish with compounds related to *p,p'*-DDT. *J. Fish. Res. Board Can.* **34** : 119-122.

AGUIAR A. & A. BÖRKLÉ, 1985. Blubber layering and distribution of lipophilic contaminants in Fin Whales: implications for sampling and analytical procedures. Paper 85/27/038 IWC Scientific Committee June 1985 (unpublished), 7 p.

ALBERTO L.J., 1979. Estudios toxicológicos sobre aves marinas: parámetros y contaminantes organoclorados. Tesis doctor, Univ. Oviedo. Fac. Biol. (León), 282 p.

ALBERTO L.J. & J. NADAL, 1981. Residuos organoclorados en huevos de diez especies de aves del delta del Ebro. *Rev. Esp. Cont. Ecológica* **8** : 73-82.

BERNHARD M., 1976. Manual of methods in aquatic environmental toxicology. Part 2. Sampling and analysis of biological material. *FAO Fish. Tech. Pap.* **138** : 1-4.

COURTNEY W.W. & W.J. LANGSTON, 1980. Accumulation of polychlorinated biphenyls in Turbot (*Scophthalmus maximus*) from seawater sediments and food. *Hydrobiol.* **88** : 333-339.

FOSSATO VU., 1980. Evidenze dei ipercorredi clorati durante l'insediamento de la laguna de Venezia. *Proc. VI ICSEMIQUEL Workshop on Pollution of the Mediterranean, Cannes, 1982* : 465-468.

GRIMALI A., 1956. *Geografía orgánica de sistemas dehesa*. Rev. Inst. Doc. Publ. Univ. Aut. Barcelona, **30** p.

HAMELINK II, R.C. WAYBRANT & R.C. BALL, 1977. A proposal: Escherichia coli as a biological degree indicator of hydrocarbon and biological quality in aquatic environments. *Trans. Am. Fish. Soc.* **106** : 507-514.

JENSEN S., M. OLSSON & K. VAZ, 1975. Levels of DDT and PCB in herring fishes along the Swedish coast. In *Proceed. 2nd Swedish Sympos. Baltic Pollution*. Stockholm, Sweden, Sept. 1975.

LARSSON B., 1984. Uptake of sediment released PCBs by the cod *Gadus morhua* in static model system. In *Ecotoxicology Proc. 3rd Oikos Conf. Ecol. Bull.* (Rasmussen L. ed. Stockholm) **36** : 62-67.

CROISSANCE DE LA SOLE DE SABLE *SOLEA (PEGUSA) THEOPHILUS* (POISSONS – SOLÉIDÉS) SUR LA CÔTE DU ROUSSILLON (FRANCE)

*Growth of sand sole Solea (Pegusa) theophilus (pisces-soleidae)
from the coast of Roussillon (France)*

J.Y. MARINARO

Laboratoire de Biologie Marine, Université de Perpignan,
66025 Perpignan Cédex, France

SOLEA THEOPHILUS
CROISSANCE
OTOLITHE
RETROCALCUL

RÉSUMÉ – La croissance de *Solea (Pegusa) theophilus* (Risso, 1810) (= *S. impar* Bennett, 1831) a été étudiée de 1986 à 1987, à partir d'individus pêchés au trémail et au chalut sur les plages de sable du Roussillon. La date de naissance moyenne de l'espèce, appréciée par un suivi planctonique, a été fixée au 1er Juillet. Les otolithes de *S. theophilus* présentant des lignes d'arrêt de croissance très nettes liées au refroidissement hivernal, il a été possible de déterminer l'âge de la plupart des individus de cette espèce à faible longévité (8 ans), et de connaître, par rétrocalcul, l'allure générale de sa croissance exprimée sous la forme d'une courbe de Von Bertalanffy. L'étude des variations saisonnières du facteur de condition a montré qu'en période froide l'espèce, qui ne s'accroît plus, accumule des réserves. Une discussion sur l'effet sélectif des engins de pêche souligne la nuisance du chalutage à la côte.

SOLEA THEOPHILUS
GROWTH
OTOLITH
BACK-CALCULATION

ABSTRACT – Investigations on growth, ageing and back-calculation were carried out on sand sole, *Solea (Pegusa) theophilus* (Risso, 1810) (= *S. impar* Bennett, 1831), caught in 1986 and 1987 by trammelnet and otter-trawl off the sandy beaches of Roussillon (French Mediterranean). The hatching day was established as July 1st by plankton sampling in the spawning area. Rest lines – most of which were very clear – could be seen on the grinding surface of the otoliths. They were formed from November to May, as suggested by the marginal increment evolution, and are linked to the cooling of the sea. Therefore it was possible to read the age of most of the fish and to establish their growth in length expressed by a Von Bertalanffy curve. The seasonal oscillations of the condition factor show that the fish increase their reserves in the cold period. The selective properties of the fishing gear used to catch sand sole are noted as well as the harmful effects of the otter-trawl near the coast.

INTRODUCTION

Quinze espèces de Soléidés ont été recensées dans l'Atlantique européen et en Méditerranée et la plupart d'entre elles ont déjà fait l'objet d'une ou plusieurs études de croissance. Des 4 espèces qui restent néanmoins peu connues à cet égard, seule la Sole de sable *Solea (Pegusa) theophilus* (Risso, 1810) (= *S. impar* Bennett, 1831 = *S. nasuta* (Pallas, 1811)) jouit à la fois d'une vaste distribution géographique et de l'abondance nécessaire à la réalisation d'un suivi annuel. L'étude de sa croissance sur la côte du Roussillon vise à con-

tribuer à une meilleure connaissance de la biologie d'un Poisson dont le cycle sexuel vient d'être décrit (Deniel *et al.*, 1989) et à compléter l'information accumulée sur la croissance des Soléidés dans la perspective d'une comparaison générale.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des Soles de sable ont été prélevées au débarquement des chalutiers de Port-Vendres et des artisans pêcheurs de St Cyprien. Elles provenaient

des fonds de sable littoraux situés entre Argelès et le Barcarès. Pour chacune d'elles ont été notés la longueur totale LT, le poids brut, le poids éviscéré (intestin, foie et gonades exclus) et le sexe. Les sagittas droite et gauche ont également été prélevées.

D'autre part, 34 traits de 15mn au filet à plancton ont été effectués par séries bimensuelles du 17 Avril au 19 Novembre 1987, en surface, dans le secteur habité par l'espèce, pour y chercher ses œufs et déterminer ainsi sa période de ponte.

Méthode d'étude des otolithes

La longueur totale de chaque otolithe a été estimée par les projections sur son axe du point le plus antérieur (rostre ou antirostre) et du point le plus postérieur (angle postéroventral en général).

Le ponçage d'un otolithe de petite taille nécessite son inclusion dans un bloc de résine (Wiedemann - Smith, 1968). La résine Promodentaire n°82525 a été retenue pour la rapidité de sa polymérisation à froid (Lecomte-Finiger et Yahyaoui, 1988). Une gélule de 0,4 ml est coupée à son extrémité arrondie et posée sur une lame de verre de façon à constituer un moule dans lequel sont successivement versés :

- la partie pulvérulente de la résine,
- le liquide polymérisant,
- l'otolithe, face interne vers le bas.

Au bout de quelques heures le moule peut être détaché.

La face interne de l'otolithe inclus est alors poncée sur papier abrasif au carbure de silicium mouillé, dont les grains sont de plus en plus fins quand on approche du nucleus. Cette progression est contrôlée par l'observation à la loupe binoculaire de la surface d'abrasion nettoyée et séchée.

Une goutte d'E.D.T.A., chélateur des ions calcium, déposée sur la surface usée, en augmente les microreliefs (Radtke et Waiwood, 1980). Une goutte de bleu de toluidine (Albrechtsen, 1968) colore les couches hyalines en violet.

Des lignes d'arrêt de croissance, L.A.C. (Meunier, 1988), apparaissent alors avec une grande netteté. Leur distance au nucleus a été mesurée à la loupe binoculaire sur l'axe le plus long, conformément aux recommandations de Jonsson et Stenseth (1977), et 2 fois, à plus d'un mois d'intervalle par le même opérateur. Les résultats concordants sont les seuls qui soient pris en considération.

Dans les cas les plus favorables, l'examen de l'otolithe est poursuivi, après métallisation, au microscope électronique à balayage.

Méthode de rétrocalcul

La méthode de rétrocalcul a été appliquée pour augmenter le nombre des données. Employée depuis près d'un siècle, cette méthode a fait l'objet de nombreuses mises au point dont celle, récente, de Bartlett *et al.* (1984). Elle est fondée sur l'existence d'une relation entre la croissance linéaire du corps et la croissance d'une pièce calcifiée, choisie pour son aptitude périodique à enregistrer les arrêts de croissance. On se réfère le plus souvent à la relation de Lee (1920) qui s'exprime par l'équation linéaire : $L = aR + l_0$, avec L = longueur du corps à la capture, R = rayon de la pièce calcifiée, a = constante de proportionnalité, l_0 = constante pouvant représenter la taille du poisson, au moment de la formation de la pièce calcifiée.

Cependant, pour tenir compte des variations allométriques qui marquent souvent le rapport d'un organe du corps à la longueur totale, il est fait parfois référence à la relation puissance proposée par Monastyrsky (1930) : $L = aR^b$, avec b = constante d'allométrie.

Pour conforter l'utilisation du rétrocalcul, « il faut évaluer correctement l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre la formation de deux marques successives » (Daget et le Guen, 1971) et donc déterminer leur moment d'apparition. On a recours à cet effet à l'étude mensuelle de l'allongement marginal A_m : $A_m = R - r_n / r_n - (r_n - 1)$, avec r_n et $(r_n - 1)$, rayons de la dernière et l'avant-dernière L.A.C.

RÉSULTATS

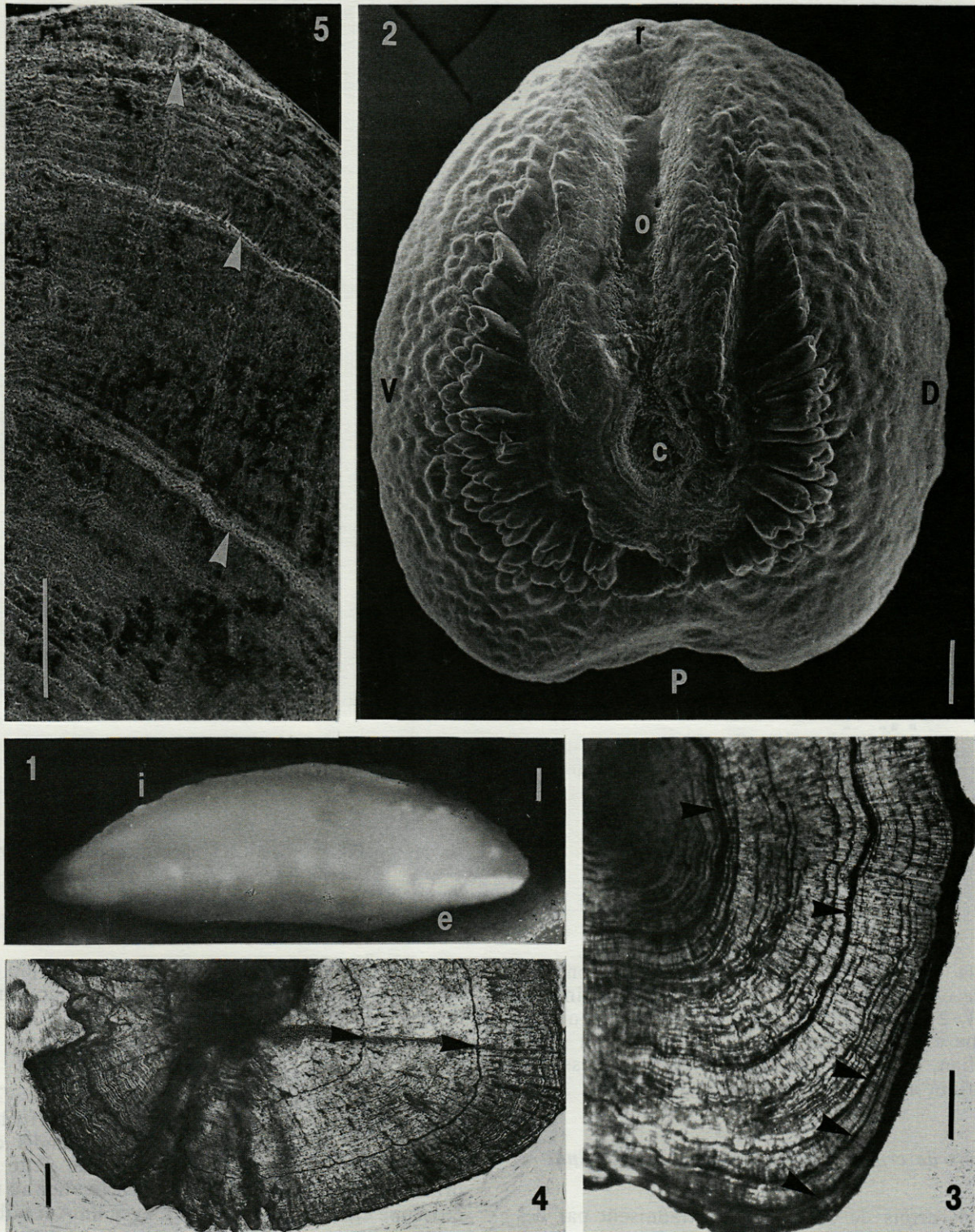
280 Soles, de taille (LT) comprise entre 66 et 303 mm, ont été examinées. Leurs poids éviscérés (de 2 à 280 g) sont regroupés en histogramme par classe de 10 g (Fig. 2, A)

Date de naissance

Les œufs de *S. theophilus* sont présents dans le plancton superficiel d'Avril à Octobre. Ils ont été pêchés en grand nombre en juin et juillet. De ce fait la date de naissance théorique de l'espèce a été fixée au 1er Juillet sur la côte du Roussillon.

Morphologie de la sagitta

L'examen de la sagitta confirme la description que fait Rousset (1983) de cet otolithe chez *S. nasuta* (Pallas, 1811) (= *S. theophilus*). Le rostre et l'antirostre émoussés et proches l'un de l'autre lui confèrent une forme ovoïde qu'altère cependant la troncation de la région postérieure. Vue de pro-



Pl. 1 – La sagitta de *Solea theophilus*. 1, Vue de profil; 2, Face interne; 3, Surface abrasée montrant cinq lignes d'arrêt de croissance; 4, Surface abrasée montrant deux lignes d'arrêt de croissance; 5, Surface abrasée montrant la reprise de croissance en mai. Les flèches indiquent les lignes d'arrêt de croissance. La barre représente 0,2 mm. C, cauda; D, bord dorsal; e, face externe; i, face interne; o, ostium; P, bord postérieur; r, rostre; V, bord ventral.

Sagitta of Solea theophilus. 1, Profile view; 2, Internal views; 3, Grinding surface with five rest lines; 4, Grinding surface with two rest lines; 5, Grinding surface with the starting up of growth in May. The restlines are indicated by arrows. The bar represents 0,2 mm. C, cauda; D, dorsal side; e, external view; i, internal view; o, Ostium; P, rear side; r, rostrum; V, ventral side

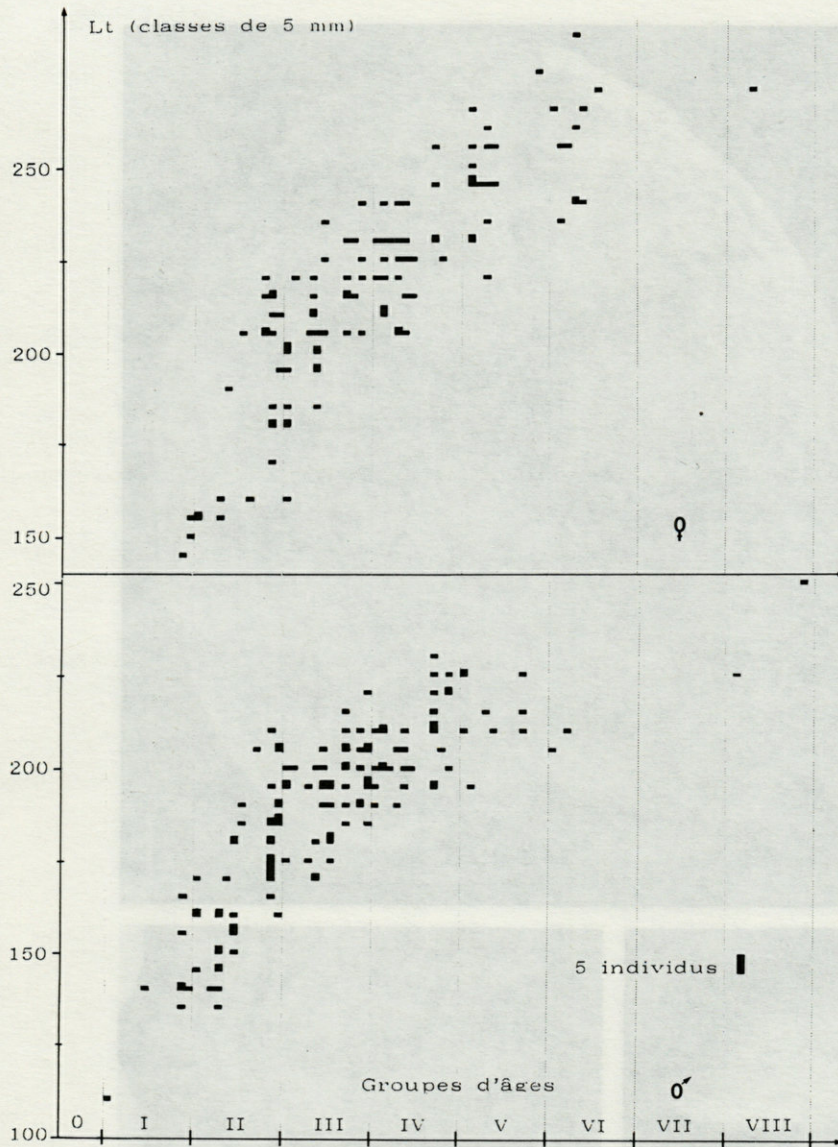


Fig. 1 - Clés âge-longueur de *Solea theophilus*.

Age-length keys of *Solea theophilus*.

fil la face externe apparaît légèrement concave, plate ou même convexe (Pl. I, 1). La face interne (Pl. I, 2) fortement bombée, se creuse, au niveau d'une crête hérissée de gros cristaux, d'un sillon médian, le sulcus, constitué de deux dépressions, l'ostium antérieur et la cauda postérieure.

Arrêts de croissance et allongement marginal

Les arrêts de croissance se traduisent par des lignes d'une grande netteté (Pl. I, 3 et 4), mais si fines qu'il n'est pas facile de les repérer sur la marge au moment où elles se forment. En fait, elles ne s'observent bien que lorsque la croissance a repris. L'étude de l'allongement marginal (Am) permet de déterminer leur périodicité.

Sur la Fig. 2, B sont indiquées les moyennes mensuelles de cet indice et les intervalles de confiance de ces moyennes. On observe :

— de décembre à mars, un palier vers 0,60 qui montre la stabilité du dernier annulus, donc l'arrêt de croissance;

— d'avril à mai, une chute de l'indice et un accroissement de l'intervalle de confiance. La population examinée est en effet hétérogène. Certains otolithes ont conservé, surtout en avril, leur aspect précédent avec un Am élevé, tandis que d'autres, surtout en mai, montrent une nette reprise de croissance, décelable en particulier au microscope électronique (Pl. I, 5), avec un Am faible;

— en juin et juillet, un indice relativement faible et un intervalle de confiance réduit. Tous les Poissons sont en plein accroissement.

— en septembre et octobre, un indice qui a presque atteint son niveau hivernal, prouvant que la croissance annuelle est à peu près achevée.

Les zones de ralentissement observées sont donc bien annuelles. La croissance cesse en

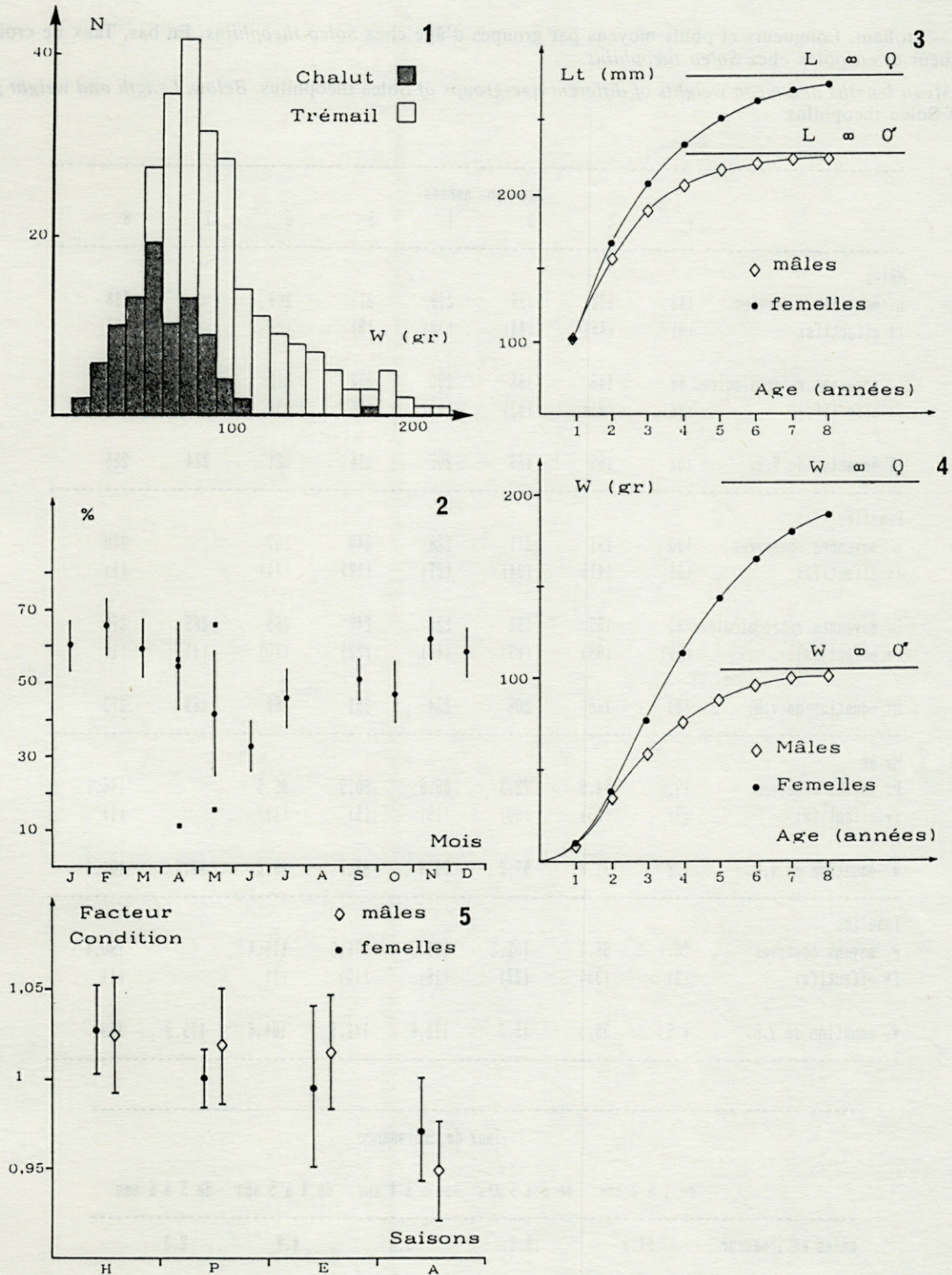


Fig. 2 - Aspects de la croissance de *Solea theophilus*. 1, Histogramme des poids des Poissons échantillonnés pêchés par le chalut et par le trémmail. 2, Valeurs mensuelles de l'allongement marginal des otolithes (moyennes et intervalles de confiance). Les X indiquent, dans les cas d'échantillons hétérogènes, les moyennes des sous-échantillons homogènes. 3, Courbes de Von Bertalanffy ajustées à la croissance linéaire des mâles et des femelles. 4, Courbes de Von Bertalanffy ajustées à la croissance pondérale des mâles et des femelles. 5, Valeurs saisonnières du facteur de condition chez les mâles et chez les femelles (moyennes et intervalles de confiance).

Growth data on *Solea theophilus*. 1, Weight distribution of samples caught by otter-trawl and trammelnet. 2, Monthly values of the marginal increment in otoliths (mean values with 95% confidence intervals). X = means values of homogeneous sub-samples. 3, V.B.G.C. to the growth in length of males and females. 4, V.B.G.C. to the growth in weight of males and females. 5, Seasonal values of the condition factor in males and females.

Tabl. I. — En haut, Longueurs et poids moyens par groupes d'âge chez *Solea theophilus*. En bas, Taux de croissance en longueur et en poids chez *Solea theophilus*.

Above, Mean lengths and mean weights of different age-groups of *Solea theophilus*. Below, Length and weight growth rates of *Solea theophilus*

	Age en années							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mâles								
L. moyennes observées (+ effectifs)	143 (8)	172 (46)	196 (44)	209 (30)	217 (9)	208 (2)		238 (2)
L. moyennes rétrocalculées (+ effectifs)	86 (86)	148 (91)	182 (83)	200 (48)	212 (16)	212 (13)	228 (2)	238 (2)
LT équation de V.B.	102	158	189	206	216	221	224	225
Femelles								
L. moyennes observées (+ effectifs)	130 (3)	191 (41)	211 (34)	228 (27)	248 (17)	257 (11)		270 (1)
L. moyennes rétrocalculées (+ effectifs)	83 (90)	153 (98)	198 (89)	227 (48)	248 (22)	265 (10)	265 (1)	270 (1)
LT equation de V.B.	100	166	208	234	251	262	269	273
Mâles								
P. moyens observés (+ effectifs)	29.9 (7)	54.5 (23)	72.3 (30)	86.9 (19)	90.9 (5)	96.5 (1)		146.1 (1)
W. équation de V.B.	7.8	31.8	57.2	75.9	88.7	95.6	99.9	101.4
Femelles								
P. moyens observés (+ effectifs)	26.7 (2)	68.1 (33)	102.2 (27)	139.5 (16)	176.3 (10)	175.4 (1)		180.4 (1)
W. équation de V.B.	6.5	35.5	75.7	112.6	142.5	164.6	179.9	189

Taux de croissance

	de 1 à 2 ans	de 2 à 3 ans	de 3 à 4 ans	de 4 à 5 ans	de 5 à 6 ans
mâles en longueur	54.9	19.6	9.0	4.8	2.3
femelles en longueur	66.0	25.3	12.5	7.3	4.4
mâles en poids	308.0	79.9	32.7	16.7	7.8
femelles en poids	443.0	113.0	48.7	26.6	15.5

novembre avec le refroidissement des eaux et reprend en avril ou mai quand la mer se réchauffe. La reproduction ne paraît pas déterminer de striede nette, sauf peut-être dans un petit nombre de cas d'une lecture difficile et qui ont donc été éliminés.

Clés âge - longueur

Les 2 sexes n'ayant pas la même vitesse de croissance (Marinaro *et al.*, 1983), il convient d'établir une clé pour chacun d'eux (Fig. 1). Les Soles de sable ont une faible longévité sur la côte du Roussillon : 2 mâles et 1 femelle atteignent 8 ans. L'un de ces mâles, le plus grand de l'échantillon, mesure 251 mm. Une femelle de cinq ans, notée sur la clé, atteint 287 mm, mais une autre dont l'âge n'a pu être évalué mesurait 303 mm. Les variations de tailles de Poissons du même âge n'excèdent pas 50 mm, compte-tenu de l'échantillonnage.

A partir de ces clés a été calculée la taille moyenne des Poissons de chaque groupe d'âge et chaque sexe. Ces valeurs, portées sur le tableau I, ne fournissent qu'un ordre de grandeur car elles sont probablement biaisées par la sélectivité des engins de pêche utilisés et par la taille de l'échantillon de chaque groupe d'âge.

Relation Longueur otolithe - Longueur du Poisson

Du fait de la netteté des lignes d'arrêt de croissance et de la régularité hivernale de leur apparition, il semble permis de pratiquer la méthode du rétrocalcul, d'autant plus nécessaire que l'échantillon est petit. Cette méthode passe par la définition d'une relation liant la longueur de l'otolithe (LO en mesures micrométriques) à celle du poisson (LT en mm). Comme les sagittas droites et gauches ont été utilisées, cette relation a été calculée pour chacune d'elles et pour chaque sexe.

Dans le cas d'une relation linéaire, la droite de régression pour les otolithes gauches des mâles a pour équation :

$$LT = 13,424 LO + 11,653 \text{ mm} \quad (1)$$

avec un coefficient de corrélation un peu faible de 0,79. Cette équation implique que, pour un otolithe de taille nulle, le Poisson mesure plus de 11 mm, alors que chez les larves à l'éclosion de 2 mm apparaissent déjà les otolithes.

Dans le cas d'une relation puissance, l'équation devient :

$$LT = 15,265 LO^{0,9732} \quad (2)$$

avec un coefficient de corrélation meilleur de 0,81.

Quand on ajoute à cette relation une ordonnée à l'origine de 2 mm (taille des larves à la formation de l'otolithe), on arrive à l'équation :

$$LT = 14,694 LO^{0,9837} + 2 \text{ mm} \quad (3)$$

L'exposant étant très voisin de 1 on peut considérer que la relation est isométrique, donc linéaire. Pour la commodité du rétrocalcul elle a été recalculée en tenant compte de la taille du Poisson à la formation de l'otolithe, et du centre du nuage de points :

$$LT = 14,1 LO + 2 \text{ mm} \quad (4)$$

Les longueurs de Poissons obtenues par l'utilisation de l'équation (4) diffèrent au plus d'un millimètre de celles obtenues par les autres équations. La distorsion est donc très largement inférieure aux aléas de l'échantillonnage.

Par la même démarche on arrive aux équations

$Lt = 15,2 Lo + 2 \text{ mm}$ pour les otolithes droits des mâles

$Lt = 14,4 Lo + 2 \text{ mm}$ pour les otolithes gauches des femelles

$Lt = 15,1 Lo + 2 \text{ mm}$ pour les otolithes droits des femelles

Ainsi, la relation est à peu près la même chez les mâles et chez les femelles pour un otolithe donné, mais elle varie nettement de l'otolithe gauche à l'otolithe droit.

Equations de Croissance linéaire

Le recours au rétrocalcul permet de multiplier par 4 le nombre de couples de données âge-longueur et de limiter l'importance du biais introduit par la sélectivité des engins de pêche pour les Poissons les plus jeunes. On peut alors ajuster ces données à un modèle de croissance : celui de Von Bertalanffy (1938) a été choisi pour sa commodité (3 paramètres seulement) et l'universalité de son emploi. Le calcul de ses paramètres a été effectué à partir du programme BGC³ (Abramson et Tomlinson, 1961). Les voici pour chaque sexe : mâles - $L_{\infty} = 227 \text{ mm}$ - $K = 0,600$ - $t_0 = -0,005$ femelles - $L_{\infty} = 280 \text{ mm}$ - $K = 0,455$ - $t_0 = -0,026$

Les longueurs moyennes rétrocalculées et celles qui résultent de l'utilisation des équations de Von Bertalanffy sont portées sur le tableau I.

Relation taille poids

Le terme de masse, inusité en halieutique, est remplacé par celui de poids, théoriquement inexact, mais admis de façon générale. Tous les calculs ont été menés à partir de poids éviscérés.

Une femelle, tout a fait exceptionnelle, atteint 280 g alors qu'aucune autre ne dépasse 216 g. Le poids des mâles s'avère beaucoup plus réduit avec un record de 116,7 g.

La relation taille-poids répond aux équations suivantes, le poids P étant exprimé en grammes et la longueur Lt en mm :

$$\text{mâles } P = 1,92 \cdot 10^{-6} Lt^{3,2832}$$

avec $3,138 < \text{exposant} < 3,436$, à la probabilité 0,95, pour LT compris entre 138 et 251.

$$\text{femelles } P = 1,21 \cdot 10^{-6} Lt^{3,3634}$$

avec $3,266 < \text{exposant} < 3,464$ pour LT compris entre 146 et 303.

Analysée dans divers groupes de tailles et à chaque saison, cette relation conserve une nette allométrie majorante sauf chez les femelles en été et les mâles au printemps.

Equations de croissance pondérale

L'équation de relation taille-poids permet d'obtenir le poids moyen des Poissons de chaque sexe pour chaque âge. Ces poids sont notés en grammes dans le tableau I. Les courbes de croissance en poids (Fig. 2, D) accentuent le dimorphisme sexuel que révélaient les courbes de croissance linéaire. Les 2 sigmoïdes inversent leur tendance vers 3 ans (un peu avant pour les mâles, un peu après pour les femelles). C'est d'ailleurs presque au même moment qu'est atteint le $1/2 P_{\infty}$.

Taux de croissance

Le taux de croissance évalué en pourcentage l'accroissement annuel du Poisson, en longueur :

$$CL = \frac{Ln - L(n-1)}{L(n-1)} \times 100$$

ou en poids :

$$CP = \frac{Pn - P(n-1)}{P(n-1)} \times 100$$

Le tableau II en précise les diverses valeurs pour chaque sexe, par référence aux longueurs et aux poids moyens calculés à partir des équations de V. B.

Facteur de condition

« Le facteur de condition permet d'estimer les modifications saisonnières de l'embonpoint sous l'influence des facteurs externes ou internes, indépendamment de la longueur » (Mouneimne 1981). On trouvera, en particulier chez Beverton et Holt (1957), Troadec (1968), Bauchot et Bauchot (1978), Bolger et Connolly (1989) les diverses conceptions qui soutiennent sa formulation et les critiques qu'elles suscitent.

Dans le cas de la Sole de sable, l'exposant n de la relation taille poids étant significativement supérieur à 3, chez les mâles et les femelles, il a

semblé nécessaire d'en tenir compte dans l'expression du facteur de condition :

$$K = 10^5 \frac{\text{Poids en grammes}}{\text{Longueurs en mm}^n}$$

Les valeurs moyennes de ce paramètre diffèrent d'une saison à l'autre (Fig. 2, E), à peu près de la même façon dans les 2 sexes, mais, par le calcul des intervalles de confiance des moyennes, on observe des différences significatives seulement dans les cas suivants :

- augmentation d'automne en hiver pour mâles et femelles
- diminution d'été en automne pour les mâles

DISCUSSION - CONCLUSION

Les données de croissance mentionnées ici sont pratiquement les premières sur *Solea theophilus*, à l'exception d'un bref rapport de Marinaro *et al.* (1983) traitant de la population algérienne de l'espèce sous la dénomination *Pegusa nasuta* (Pallas, 1811). Les renseignements fournis par ces auteurs sont proches des résultats actuels : pour les mâles, $L_{\infty} = 227,5$ mm, $K = 0,559$; pour les femelles, $L_{\infty} = 252,9$ mm, $K = 0,461$. Les longueurs maximales observées sont également très voisines : 305 mm pour les femelles, 248 mm pour les mâles (information non publiée). De telles ressemblances dans la croissance laissent prévoir l'homogénéité de cette Sole dans le bassin occidental de la Méditerranée.

Pour le Golfe du Lion, Aldebert (1968), se référant probablement par erreur à *Solea lascaris* (Risso, 1810), note des longueurs maximales un peu plus faibles, mais tout à fait compatibles : 22 et 27 cm. A propos de la relation taille poids, Abd el Missih (1984) (sur *Solea impar* Bennett, 1831) met également en évidence une nette allométrie majorante plus forte chez les femelles que chez les mâles.

L'étude de l'allongement marginal des otolithes de *S. theophilus* révèle un arrêt de croissance annuel qui dure environ 6 mois et dont la netteté des L.A.C. (Pl. I, 3, 4 et 5) semble prouver qu'il est total. Si la croissance de l'otolithe est contrôlée de façon endogène par le rythme de synthèse diurne d'un neuropeptide (Gauldie et Nelson, 1988) et de mobilisation du calcium (Mugiya, 1987), le dépôt minéral est modulé par certains facteurs du milieu au premier rang desquels se place la température (Radtke *et al.*, 1985). Or, la Sole de sable occupe un biotope (de 0 à 15 m) directement soumis aux variations thermiques de l'atmosphère, donc relativement froid de novembre à avril (Jacques *et al.*, 1969). Ainsi s'explique son arrêt prolongé de croissance dans le Golfe du Lion.

L'hypothèse d'une période d'hibernation facilitée par son aptitude à l'enfouissement (De Groot, 1971), comparable à celle que Sorbe (1973) a observée chez *Solea vulgaris*, ne peut pas être retenue. En effet, le niveau élevé de son facteur de condition hivernal (Fig. 2, E) et son taux normal de capturabilité prouvent qu'elle continue à s'alimenter pendant la saison froide, comme l'ont d'ailleurs démontré Marinaro et Bouabid (1983) en Algérie. Elle ne grandit donc pas (seuil thermique), mais elle grossit.

On aurait pu penser que cette espèce, qui fréquente les plages aux abords des graus des nombreuses lagunes du golfe du Lion, y pénétrerait pour profiter, comme par exemple la Sole commune, des conditions trophiques optimales qu'elles offrent. Mais Bourquard (1985) ne l'y observe que très rarement. Faut-il interpréter ce phénomène comme la manifestation d'un comportement spécifique sténohalin ou strictement inféodé aux substrats arénacés; en effet, Howell et Canario (1987) ont mis en évidence la forte augmentation du métabolisme (consommation d'oxygène doublée) que provoque chez la Sole commune maintenue en aquarium l'absence de contact avec le sable. On peut également envisager l'hypothèse selon laquelle les jeunes Soles de sable qui entrent dans les graus vers la fin du printemps ne réussissent pas à coloniser un biotope occupé depuis plus de deux mois par *Solea vulgaris* ou encore considérer que la maturation des produits sexuels est incompatible avec la fréquentation des étangs au moment (printemps, été) où ceux-ci sont les plus intéressants. Un élevage, comme celui mené par Villani (1977) mais en variant les paramètres du milieu, fournirait peut-être des éléments de réponse.

L'application du modèle de V. B. conduit à affecter aux paramètres de croissance des valeurs dont la vraisemblance biologique peut servir d'argument en faveur du bien fondé du modèle et permet de comparer valablement les croissances d'espèces ou de populations différentes. Chez la Sole de sable, L_{∞} proche de zéro met en accord le calcul et la réalité. Au contraire, les longueurs infinies, inférieures aux longueurs maximales observées (303 mm pour une femelle, 251 mm pour un mâle), n'obéissent pas à la règle énoncée par Taylor (1958) selon laquelle $L_{\max} / 0,95 = L_{\infty}$.

Elles semblent donc affectées d'un biais minorant qui trouve peut-être son explication dans le fait que la plupart des otolithes de Poissons âgés sont de lecture peu fiable et qu'ils n'ont donc pas été pris en considération dans l'établissement de la courbe de Von Bertalanffy. Conscient de ce biais, Chauvet (1989) a recours pour les Mérous à une extrapolation que lui permet la remarquable longévité de ces serranidés.

Cette discordance s'estompe cependant si, en accord avec Pauly (1984), on considère L_{\max} comme la moyenne des longueurs de plusieurs

grands spécimens d'un stock bien échantillonné. En l'occurrence 280 mm correspond à la L_{\max} moyenne des 11 femelles les plus grandes, soit 2,7 % de l'échantillon; 227 mm à la L_{\max} moyenne de 22 mâles, soit 6,1 % de l'échantillon.

En réalité, si la valeur de L (et surtout de L_{∞}) dépend beaucoup de la structure de l'échantillon (nombre de groupes d'âge; importance relative des effectifs par groupe d'âge), la réalité biologique de K est souvent soulignée. « Facteur de stress » selon Pauly (1979), il exprimerait l'effet limitant du milieu sur les performances de la croissance. A cet égard, sa forte valeur chez *S. theophilus* traduirait peut-être les difficultés environnementales rencontrées par cette espèce strictement inféodée à un biotope (sables infralittoraux) dont la température, la salinité, le taux d'oxygène et la quantité de nourriture disponible sont soumis à des fluctuations considérables.

S. theophilus appartient au groupe des *Soleinae* à narine nadirale hypertrophiée (ex genre *Pegusa* Günther, 1862 et *Synapturichthys* Chabanaud, 1927) qui comprend également *S. lascaris* (Risso, 1810), *S. kleini* (Risso, 1826), *S. triophthalmus* Bleeker, 1863 et *S. cadenati* (Chabanaud, 1954). Pour ce qui concerne les longueurs maximales signalées, elle semble nettement plus petite que *S. lascaris* et *S. kleini*, de même taille que *S. triophthalmus* et plus grande que *S. cadenati*. Chez toutes ces espèces, les femelles l'emportent de 10 à 20 % sur les mâles. La croissance n'a été étudiée que chez *S. lascaris* (Deniel, 1981, baie de Douarnenez et Dinis, 1986, estuaire du Tage) et *S. kleini* (Cau et Deiana, 1982, Sardaigne). Elle se caractérise dans tous les cas par une longévité moyenne (environ 10 ans) et une relation taille-poids marquée par une allométrie majorante. Le paramètre K qui fixe la façon dont la vitesse de croissance diminue lorsque la taille augmente est affecté chez *S. theophilus* d'une valeur beaucoup plus forte que chez les deux autres espèces évoquant peut-être ses difficultés écologiques.

Sur le tableau I, des différences considérables apparaissent entre les longueurs observées et rétrocalculées des Poissons d'un an (et même de 2 ans). Elles semblent imputables à la sélectivité des engins de pêche qui ne retiennent pratiquement pas les individus de moins de 140 mm et en laissent échapper jusqu'à la taille de 160 mm. C'est dire que le rétrocalcul apporte des renseignements plus fiables sur la croissance d'une espèce que les données brutes de l'observation ou que les clés âge-longueur, lorsque l'échantillon n'inclut pas le groupe d'âge zéro.

L'autre confirmation apportée par cette étude est relative à la différence de sélectivité du chalut et du trémail (Fig. 2, A). Les Soles femelles prises au trémail pèsent en moyenne 119 g, sont âgées de 4 ans et ont pondé au moins une fois. Les Soles de chalut pèsent 61,8 g, sont âgées de moins de 3 ans et n'ont pas encore participé à la reproduc-

tion. Laissons aux économistes des pêches le soin de conclure.

REMERCIEMENTS – L'auteur a plaisir à remercier le Laboratoire Arago pour l'aide que celui-ci lui a apportée en pêches maritimes, en travaux photographiques et en bibliographie. De même, il n'oublie pas que la plupart de ses échantillons lui ont été fournis par les artisans-pêcheurs de St Cyprien (en particulier par M. S. Cribaillet) et grâce à l'amabilité de Mme Millan, Directrice de la criée de Port-Vendres.

BIBLIOGRAPHIE

- ABD EL MISSIH S., 1984. Contribution à la connaissance des Soléidés (Poissons Téléostéens) du Golfe du Lion. Systématique, écobiologie. Thèse Univ. Montpellier : 311 p.
- ABRAMSON N.J. & P.K. TOMLINSON, 1961. Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares, including table of polynomials. *Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull.* **116** : 1-69.
- ALBRECHTSEN K., 1968. A dyeing technique for otolith reading. *J. Cons. int. Explor. Mer.* **32** : 278-280.
- BARTLETT J.R., RANDERSON P.F., WILLIAMS R. & D.M. ELLIS, 1984. The use of analysis of covariance in the back-calculation of growth in fish. *J. Fish Biol.* **24** : 201-213.
- BAUCHOT R. & M.L. BAUCHOT, 1978. Coefficient de condition et indice pondéral chez les Téléostéens. *Cybium, sér. 3*, **4** : 3-16.
- BERTALANFFY L. VON, 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* **10** (2) : 181-213.
- BEVERTON R.J.H. & S.J. HOLT, 1957. On the dynamics of exploited Fish populations. *Fish. Invest. ser. 2*, **19** : 533 p.
- BOLGER T. & P.L. CONNOLLY, 1989. The selection of suitable indices for measurement and analysis of fish condition. *J. Fish Biol.* **34** : 171-182.
- BOURQUARD C., 1985. Structure et mécanismes de mise en place, de maintien et d'évolution des peuplements ichthyiques du Golfe du Lion. Thèse Univ. Montpellier : 312 p + annexes.
- CAU A. & A.M. DEIANA, 1982. Accrescimento e riproduzione in *Solea kleini* Bp (Osteichthyes Pleuronectiformes). *Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano* **8** : 27-38.
- CHAUVET C., 1989. Contribution à l'étude de la biologie du mérou rouge, *Epinephelus guaza* (L,1758), espèce hermaphrodite protérogyne : signification des paramètres de croissance pour l'identification des unités de populations. *Aquat. liv. Res.* **1** (4) : 277-288.
- DAGET J. & J.C. LE GUEN 1975. Les critères d'âge chez les poissons : 253-289. In « La démographie des populations de Vertébrés », M. Lamotte et F. Bourlière eds. Masson, Paris : 443 p.
- DE GROOT S.J., 1971. On the interrelationship between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flat-fishes (Pisces Pleuronectiformes). *Netherl. J. Sea Res.* **5** (2) : 121-196.
- DENIEL C., 1981. Les poissons plats (Téléostéens Pleuronectiformes) en Baie de Douarnenez. Reproduction, croissance et migration. Thèse Univ. Brest : 476 p.
- DENIEL C., C. LE BLANC & A. RODRIGUEZ, 1989. Comparative study of sexual cycles, oogenesis and spawning of two soleidae *Solea lascaris* (Risso, 1810) and *Solea impar* (Bennett, 1831) on the western coast of Brittany. *J. Fish Biol.* **35** (1) : 49-58.
- DINIS M.T., 1986. Quatre soleidae de l'estuaire du Tage : reproduction et croissance. Essai d'élevage de *Solea senegalensis* Kaup. Thèse Univ. Brest : 358 p.
- GAULDIE R.W. & D.A. NELSON, 1988. Aragonite twinning and neuroprotein secretion are the cause of daily growth rings in fish otoliths. *Comp. Biochem. Physiol.* **90 A** : 501-590.
- HOWELL B.R. & A.V.M. CANARIO, 1987. The influence of sand on the estimation of resting metabolic rate of juvenile sole, *Solea solea* (L). *J. Fish Biol.* **31** : 277-280.
- JACQUES G., C. RAZOULS & A. THIRIOT, 1969. Climat et hydrologie à Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion) – 1965-1968. *Vie Milieu* **20** (2B) : 279-316.
- JONSSON B. & N.C. STENSETH, 1977. A method for estimating Fish length from otolith size. *Inst. Freshwater Res. Rep.* **56** : 81-86.
- LECOMTE-FINIGER R. & A. YAHYAOUÏ, 1989. La microstructure de l'otolithe au service de la connaissance du développement larvaire de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla*. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **308**, sér. III : 1-7.
- LEE R.M., 1920. A review of the methods of age and growth determination by means of scales. *Fish. Invest. London, ser.2*, **4** (2) : 32 p.
- MARINARO J.Y., L. CHEBAB & A. CHALABI, 1983. Croissance de *Pegusa nasuta* (Pallas) sur les côtes d'Algérie (Téléostéen Soléidé). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* **28** (5) : 65-67.
- MARINARO J.Y. & M. BOUABIB, 1983. Ecologie alimentaire de deux soles d'Algérie, *Pegusa nasuta* (Pallas) et *P. lascaris* (Risso) (Téléostéens soléidés). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* **28** (5) : 73-75.
- MEUNIER F.J., 1988. Détermination de l'âge individuel chez les Ostéichthyens à l'aide de la squelettochronologie : historique et méthodologie. *Acta oecologica oecol.gener.* **9** (3) : 299-329.
- MOLLER-CHRISTENSEN J., 1964. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other species. *J. Cons. int. Explor. Mer* **29** : 73-81.
- MONASTYRSKY, G.N., 1930. O metodakh opredeleniya lineinogo rosta po cheshure ryb (méthodes de détermination de la croissance linéaire des poissons par leurs écailles). *Trud. nauch Inst. Ryb. khozy* **5** (4) : 5-44.
- MOUNEIMNE N., 1981. Remarques sur la relation longueur/poids et le facteur de condition chez les poissons. *Cybium, sér. III* **5** (4) : 77-85.

- MUGIYA Y., 1987. Phase difference between calcification and organic matrix formation in the diurnal growth of otoliths in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Fish. Bull.* **85** : 395-401.
- PAULY D., 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth : a generalization of Von Bertalanffy's growth formula. *Ber. Inst. Meeresk.* **63** : 156 p.
- PAULY D., 1984. Fish population dynamics in tropical waters; a manual for use with programmable calculators. Iclarm, Manille : 325 p.
- RADTKE R.L. & K.G. WAIWOOD, 1980. Otolith formation and body shrinkage due to fixation in larval Cod (*Gadus morrhua*). *Can. tech. Rep. Fish aquat. Sci* **929** : III + 10 p.
- RADTKE R.L., M.L. FINE & J. BELL, 1985. Somatic and otolith growth in the oyster toadfish (*Opanus tau L.*). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **90** : 259-275.
- RICKER W.E., 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bull. Fish. Res. Board Can.* **191 F** : 409 p.
- ROUSSET J., 1983. Etude des écailles et otolithes des Soléïdés d'Algérie. *Cybium* **7** (1) : 71-96.
- SORBE J.C., 1973. Ecologie et éthiologie alimentaire de l'ichthyofaune chalutable du plateau continental sud Gascogne. Thèse Univ. Aix-Marseille : 125 p.
- TAYLOR C.C., 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons. int. Explor. Mer* **23** : 366-370.
- VILLANI P., 1977. Breve nota sulla riproduzione artificiale delle sogliole adriatica, *Solea (Pegusa) impar* Bennett. *Riv. ital. Piscic. Ittiopatol.* **12** (1) : 15-20.
- WIEDEMANN-SMITH S., 1968. Otolith age reading by means of surface structure examination. *J. Cons. int. Explor. Mer* **32** : 270-277.

Reçu le 6 juin 1989; received June 6, 1989

Accepté le 20 septembre 1989; accepted September 20, 1989

THE LITTORAL ASCIDIANS OF THE SPANISH MEDITERRANEAN

II. Balearic Islands. Species collected by the R/V "Professeur Georges Petit"

A.A. RAMOS ⁽¹⁾, X. TURON ⁽²⁾, M. WAHL ⁽³⁾,
B. BANAIGS ⁽⁴⁾, F. LAFARGUE ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Instituto Marítimo-Pesquero del Mediterraneo, 03001 Alicante, Espagne

⁽²⁾ Dept. Biología Animal (Invertebrats), Fac. Biología, Univ. de Barcelona, Avda. Diagonal, 645
08028 Barcelona, Espagne

⁽³⁾ Abt. Mar. Okol. Syst, Universität Kiel, 2300 Kiel, FRG

⁽⁴⁾ Laboratoire de Chimie des substances naturelles marines, Université de Perpignan, 66000 Perpignan, France

⁽⁵⁾ Laboratoire Arago, Université P. et M. Curie, UA CNRS 117, 66650 Banyuls/Mer, France

ASCIDIANS
TAXONOMY
ECOLOGY
BIOGEOGRAPHY
BALEARIC ISLANDS
SPAIN

ABSTRACT – An inventory of the rocky infra- and circalittoral bottoms of the Balearic Islands (Spanish Mediterranean), based on SCUBA diving studies performed in 1986, led to a list of 60 ascidian species in this region. Systematic, ecological and biological notes on these species are given in this article.

ASCIDIEN
TAXONOMIE
ÉCOLOGIE
BIOGÉOGRAPHIE
ILES BALÉARES
ESPAGNE

RÉSUMÉ – Un total de 60 espèces d'Ascidiens a été recensé en 1986 par scaphandre autonome dans les fonds rocheux infra et circalittoraux des Iles Baléares (Méditerranée espagnole). La liste de ces espèces est complétée par des notes taxonomiques, biologiques et écologiques.

INTRODUCTION

As part of a long term investigation program of the ascidians of Western Mediterranean coasts, we herewith put forward the second part, which treats the littoral fringe of the Balearic Islands. The first part, a record of the NE Spanish ascidian fauna, has been published earlier (Lafargue *et al.* 1986).

The ascidians of the Balearic Islands have previously been dealt with in the works by Heiden (1894); Rodriguez, (1922) and Pérès (1957 a, 1957 b). Sporadic data are also given by Buen (1905), Harant (1927), Molinier (1954) and Pérès (1959). In spite of these records, our knowledge in this respect is still fragmentary. Between July 1 and 13, 1986, a Franco-Spanish oceanological campaign to the Balearic Islands has been carried through on the R/V "Professeur Georges Petit". The objective was a faunistic and chemical study of the archipelago's littoral ascidians. Nineteen

stations (Fig. 1) have been sampled by a total of approximately one hundred dives, which yielded some 1400 specimens belonging to 60 species. This paper is a report of the campaign's faunistic part. A restricted study on epibiosis was done on the didemnid species, essentially.

MATERIAL AND METHODS

Investigations and collection were done exclusively by SCUBA diving. The position of the 19 sampling stations is shown in Fig. 1. Each diving site was subdivided into the different biocoenoses and facies observed as defined by Pérès & Picard (1964) and Boudouresque (1971) mainly.

Table I shows the stations and biocoenoses studied, whose codes are as follows: Semi-Ob-scure Caves and overhangs (SOC); Under-side of Boulders and stones (UB); Lower horizon of lit-

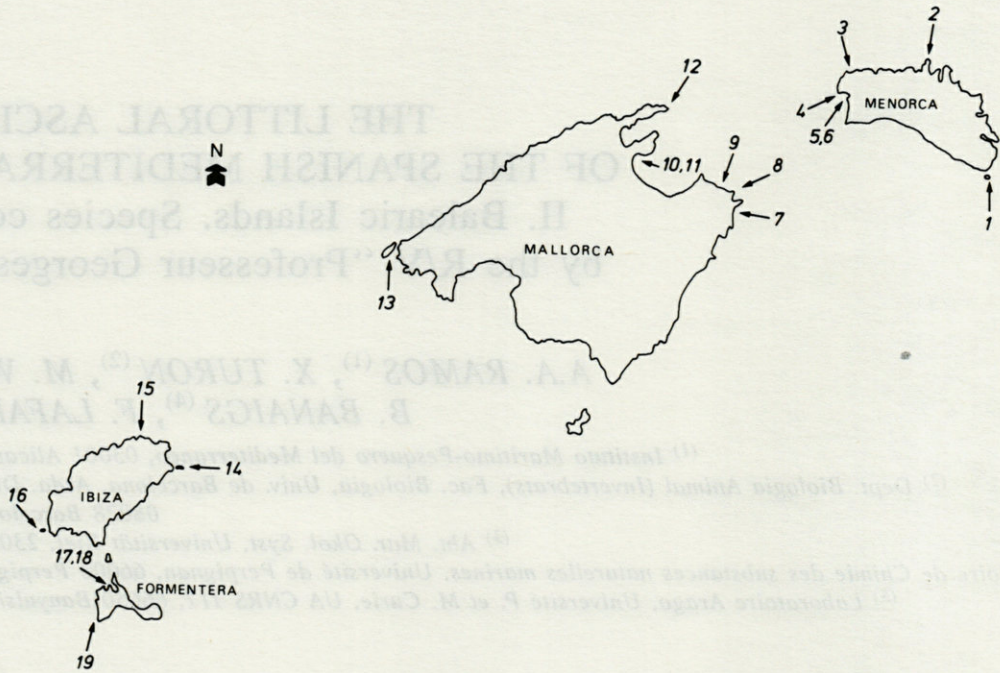


Fig. 1. — Map of the Balearic Islands with the position of the sampling stations.

toral Rock Coralligenous (LRC) and Coralligenous of Blocks (CB); Sciaphilous Sheltered Infralittoral seaweeds (SSI); Photophilous Sheltered Infralittoral seaweeds (PSI); Sciaphilous Exposed Infralittoral seaweeds (SEI); Photophilous Exposed Infralittoral seaweeds (PEI); Coastal Detritic (CD); *Posidonia oceanica* Beds: rhizomes (BPr) or leaves (BPl); and Sheltered Muddy Sand (SMS).

The sampling was done qualitatively. Individuals and colonies were taken with their substratum whenever possible. Depth, Secchi-depth (Ds) and type of substratum, temperature at the surface (Ts) and at various depths (Tz), type of biocoenosis, habitat and associated species were also noted in Table I.

Anaesthesia and fixation procedures have already been detailed elsewhere (Lafargue *et al.*, 1986). The collection has been deposited in the Arago Laboratory, Banyuls-sur-mer.

RESULT

A total of 1411 specimens belonging to 60 species of ascidians have been catalogued. We used the classification system of Berrill (1950) for the higher taxa; for families and genera that of Monniot & Monniot (1972) and for Didemnid species the system of Lafargue & Wahl (1987). A list of the species with their respective collection sites is given in Table II.

During the campaign, the near surface temperature varied between 22,2°C and 24,5°C; below 35 m temperature lay between 18,2°C and 16,6°C; the main thermocline was situated between 27 and 30 m of depth; a secondary thermocline lay between 12 and 15 m. Secchi depth ranged from 22 to 31 m.

1. Taxonomic remarks on some species

Three of the species are not definitely assigned to known taxa. These and other interesting forms deserve some taxonomic remarks:

Eudistoma banyulensis (Brément, 1912) (Fig. 2 A, B)

References: *Polycitor (Eudistoma) banyulensis* Brément (1912): p. 1; Harant & Vernières (1933): p. 58.

Colonies flat and encrusting. The largest one measured 120 x 115 x 16 mm. Colony surface smooth. The color, beige or pink in the living colony, turns brown or greenish-blue after formol fixation. No sand grain encrustations; consistency of the test mucous-soft. Zooids systems evenly distributed and star-shaped, with 10-18 individuals per system.

Zooid length up to 6 mm. Thorax/abdomen ratio ranging from 1/2 to 1/3. Six rounded or blunt oral lobes; atrial siphon of variable length, occasionally reaching twice the length of the branchial sac; about 30 oral tentacles distributed in 4 rows (12 + 6 + 6 + 6). Branchial sac with 3 rows of stig-

Table. I. - List of the sampling sites with geographical, physical and ecological data (codes of biocoenoses as detailed in the text).

STATION	DEPTH(m.)	BIOCOENOSIS (facies)	
1	S Isla del Aire		39°47,8'N-04°17,0'E 03/07/86 T _s : 22,2° T ₂₃ : 20,5° D _s : 23 m
1-1	28	CB (<i>Lithophyllum</i> , <i>Peyssonnelia</i> , <i>Mesophyllum</i>)	
1-2	26-28	SSI (<i>Peyssonnelia squamaria</i>)	
1-3	26-28	PBr	
2	NE Cabo Caballería		40°05,4'N-04°05,0'E 02/07/86 T _s : 22,5° T ₁₇ : 20,4°
2-1	11-33	LRC (<i>Myriapora</i> , <i>Sertella</i>)	
2-2	8-23	SSI (<i>Peyssonnelia squamaria</i> , <i>Udotea</i>)	
2-3	8-13	PSI (<i>Cystoseira</i> , <i>Halopteris scoparia</i>)	
2-4	8-23	UB	
3	E Cabo Nati		40°03,1'N-03°49,7'E 12/07/86 T _s : 24,5° T ₃₆ : 18,9° D _s : 26 m
3-1	36	SOC (sponges)	
3-2	35-36	LRC (<i>Myriapora</i> , <i>Mesophyllum</i>)	
3-3	35-36	SSI (<i>Peyssonnelia</i> , <i>Udotea</i> , <i>Codium bursa</i>)	
3-4	35	PBr	
3-5	35	PB1	
3-6	35-36	UB	
4	Cala Forcat		39°59,7'N-03°48,2'E 04/07/86 T _s : 23,5° T ₂₁ : 22,2° D _s : 30 m
4-1	21	SOC (<i>Leptopsammia pruvoti</i>)	
4-2	15-21	LRC (<i>Myriapora</i> , <i>Parazoanthus</i>)	
4-3	12-21	SSI (<i>Peyssonnelia squamaria</i> , <i>Schizotea</i>)	
4-4	11-12	PSI (<i>Padina pavonica</i>)	
4-5	22	PBr	
5	Ciudadela harbour (outer)		39°59,7'N-03°49,3'N 03/07/86
5-1	3-7	LRC (<i>Myriapora</i>)	
5-2	2-5	SEI (<i>Plocamium cartilagineum</i> , <i>Clathrina</i>)	
5-3	0-2	PEI (<i>Corallina</i> , <i>Balanus</i>)	
6	Ciudadela harbour (inner)		40°00,0'N-03°49,9'E 04/07/86
6-1	1-4	SSI impoverished aspect (<i>Udotea</i> , <i>Halimeda</i>)	
7	Cala Ratjada harbour (inner)		39°42,6'N-03°27,6'E 04/07/86 T _s : 23,4°
7-1	1-6	SSI impoverished aspect (<i>Udotea</i> , <i>Halimeda</i>)	
7-2	6	UB	
8	W Cabo del Freu		39°45,0'N-03°27,5'E 05/07/86 T _s : 23,9° T ₃₃ : 18,0°
8-1	30-33	LRC (<i>Myriapora</i> , sponges)	
8-2	30-33	SSI (<i>Peyssonnelia squamaria</i> , <i>Udotea</i>)	
8-3	9-30	PSI (<i>Padina</i> , <i>Cystoseira</i> , <i>Dictyota</i>)	
8-4	1-8	SEI (<i>Valonia</i> , <i>Corallina</i>)	
9	Cabo Falconera		39°46,2'N-03°24,2'E 05/07/86
9-1	22	PBr	
10	Alcudia harbour (outer)		39°50,0'N-03°24,2'E 05/07/86
10-1	0-6	SSI (<i>Cladophora pellucida</i> , sponges)	
11	Alcudia harbour (inner)		39°50,0'N-03°24,1'E 05/07/86
11-1	1-6	SSI impoverished aspect (<i>Udotea</i> , <i>Halimeda</i>)	
11-2	6	UB	
12	N Cabo Formentor		39°57,6'N-03°12,5'E 06/07/86 T _s : 24,7° T ₃₄ : 18,7° D _s : 31 m
12-1	34	SOC (<i>Leptopsammia pruvoti</i>)	
12-2	25-34	LRC (<i>Sertella</i> , <i>Salmacina</i>)	
12-3	25-34	SSI (<i>Codium bursa</i> , <i>Peyssonnelia</i> , <i>Udotea</i>)	
12-4	5-25	PSI (<i>Padina pavonica</i>)	
12-5	0-5	SEI (<i>Valonia</i> , <i>Corallina</i>)	
12-6	25-34	UB	
13	Punta del Lladró (Dragonera)		39°35,1'N-02°19,8'E 08/07/86 T _s : 24,0° T ₉ : 24,0° D _s : 22 m.
13-1	7-11	LRC (<i>Myriapora</i> , <i>Sertella</i> , sponges)	
13-2	7-11	SSI (<i>Peyssonnelia</i> , <i>Udotea</i> , <i>Mesophyllum</i>)	
13-3	1-3	PSI (<i>Halopteris scoparia</i> , <i>Padina pavonica</i>)	
13-4	13-20	PBr	
13-5	7-11	UB	
14	NW Isla de Tagomago		39°02,5'N-01°30,4'E 08/07/86 T _s : 23,5° T ₃₃ : 18,5° D _s : 25 m
14-1	38	CB (<i>Lithophyllum</i> , <i>Peyssonnelia</i> , <i>Mesophyllum</i>)	
14-2	33-35	LRC (<i>Alcyonium acaule</i> , sponges)	
14-3	10-33	SSI (<i>Peyssonnelia squamaria</i> , <i>Mesophyllum</i>)	
14-4	3-25	PSI (<i>Halopteris scoparia</i> , <i>Padina pavonica</i>)	
14-5	0-3	SEI (<i>Valonia</i> , <i>Cladophora pellucida</i>)	
14-6	25-33	UB	
15	E Punta Moscarté		39°07,1'N-01°32,3'E 11/07/86 T _s : 24,0° T ₃₂ : 20,2° D _s : 24 m
15-1	32	SOC (<i>Polyoathus</i> , <i>Madracis</i>)	
15-2	32	LRC (<i>Myriapora</i> , <i>Sertella</i> , sponges)	
15-3	30-32	SSI (<i>Peyssonnelia</i> , <i>Udotea</i> , <i>Codium bursa</i>)	
15-4	30-32	PBr	
16	N Islote Es Vedrà		38°52,0'N-01°11,5'E 10/07/86 T _s : 24,0° T ₃₇ : 18,2° D _s : 25 m
16-1	36-38	CD (maèrl)	
17	Estany des Peix		38°43,5'N-01°24,8'E 09/07/86
17-1	0-1	SSI impoverished aspect (<i>Peyssonnelia</i> , <i>Halimeda</i>)	
17-2	1-2	SMS (<i>Caulerpa prolifera</i> , <i>Halimeda</i>)	
18	Front to Savina harbour		38°44,2'N-01°25,2'E 09/07/86
18-1	6	PBr	
19	Cabo Berberia		38°38,9'N-01°21,8'E 09/07/86 T _s : 24,0° T ₃₆ : 16,6° D _s : 25 m
19-1	35-37	CD (<i>Vidalia volubilis</i> , <i>Lithothamnion</i>)	
19-2	33-35	PBr	

mata, the first one oriented towards the dorsal tubercle in the dorsal region; 14-17 stigmata per half-row. Some zooids show a branchial asymmetry already signaled by Brément (1912): the stigmata of the first and third row on one side being slightly smaller than their counterparts on the other side.

The oesophageal neck may be as long as half the length of the zooid, with a slight twist of the intestine in the posterior part of the neck. Stomach pear-shaped; the pyloric gland is connected with it by two ducts, the first in the basal, the other in the middle part of the stomach. The pyloric branches in the rectal part are long, meandering, and they don't seem to anastomose, running parallelly to the rectum. All zooids were immature; some contain reserve cells.

Those mediterranean *Eudistoma* species that have star-shaped zooid systems and a very soft colony texture are: *E. mucosum* (Drasche, 1883), *E. posidoniarum* (Daumézou, 1909) and *E. banyulensis* (Brément, 1912). Our specimens are closest to *E. banyulensis*: colony features (shape, texture, color) and zooid characteristics (branchial sac, intestinal bend) agree with the original description by Brément (1912). The unperforated area mentioned by that author on the right branchial side of some individuals, or on the left in others, is not a constant feature. The pyloric branches, too, differ slightly from Brément's description: they are thicker and not anastomosed.

All the same (even without mature zooids), this species may be assimilated to *E. banyulensis*. This interesting species, which has not been reported again since its first description from Port-Vendres (France) seems to be quite common in the Balearic region (13 colonies collected).

Aplidium aff. *albicans* (Milne Edwards, 1841)

References: *Amaroucium albicans* Milne Edwards (1841): p. 287; Pérès (1956): p. 295.

We collected four colonies of a polyclinid species close to *Aplidium albicans*. The biggest one measured 50 x 30 x 20 mm. Their diagnostic features are as follows: test entirely coated with sand grains, zooids arranged in star-shaped systems, oral siphon six-lobed, atrial siphon bearing a simple languet, 14-16 rows of stigmata in the branchial sac, stomach with 6 marked ridges.

These colonies are very similar to *A. albicans*; however, the number of stigmata rows is somewhat higher (Pérès, 1956, signaled 11 to 14 rows for *A. albicans*) and we have not found the trilobed atrial languet characteristic of this species. Since our specimens are immature, we are unable at present to decide on their exact taxonomical place.

Aplidium aff. *pallidum* (Verrill, 1871) (Fig. 2 C)

References: *Aplidium pallidum* Van Name (1945): p. 33; Berrill (1950): p. 97

Table. II. - List of the 60 species and their respective collection sites. Species tagged by symbol "*" are reported for the first time from the Balearic Islands.

ORDER ENTEROGONA Perrier, 1898
 SUBORDER APLOUSOBRANCHIATA Lahille, 1890
 FAMILY POLYCITORIDAE Michaelsen, 1904

- **Clavelina nana* Lahille, 1890: 5-2, 7-4, 19-1
- Cystodytes dellechiajei* (Della Valle, 1877): 2-2, 2-3, 2-4, 3-3, 5-3, 8-1, 8-2, 8-3, 8-4, 12-1, 12-2, 12-5, 14-3, 15-1, 15-5, 19-1
- Distaplia rosea* Della Valle, 1881, 2-2, 19-1
- **Eudistoma banyulensis* (Brément, 1912): 3-5, 9-1, 16-1, 19-1, 19-2
- Eudistoma costai* (Della Valle, 1877): 1-2, 3-3, 8-1, 8-2, 12-1, 12-2, 19-1
- Eudistoma planum* Pérès, 1948: 2-2
- **Polycitor adriaticum* (Von Drasche, 1883): 19-2
- Polycitor cristallinus* (Renier, 1804): 16-1

FAMILY DIDEMNIDAE Verrill, 1871

- **Lissoclinum perforatum* (Giard, 1871): 4-1, 5-2, 5-3, 8-2, 8-3, 8-4, 12-3, 14-5, 15-2, 19-1
- **Lissoclinum weigelei* Lafargue, 1968: 8-1, 10-1, 11-1, 18-3
- Polysyncrator canetense* Brément, 1913: 10-1, 11-1, 12-3, 14-3
- **Polysyncrator bilobatum* Lafargue, 1968: 8-1, 12-3, 13-1, 14-3, 18-1, 19-1
- **Diplosoma listerianum* (Milne Edwards, 1841): 12-3, 12-5
- **Diplosoma spongiforme* (Giard, 1872): 2-2, 2-3, 3-3, 5-1, 5-3, 8-3, 8-4, 13-3, 14-5, 19-1
- Didemnum fulgens* (Milne Edwards, 1841): 13-1, 13-4, 13-5, 14-4, 15-2, 15-3, 19-2
- **Didemnum pseudofulgens* Médioni, 1970: 14-3
- Didemnum commune* (Della Valle, 1877): 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 3-3, 3-4, 3-5, 4-3, 4-5, 8-1, 8-2, 8-3, 9-1, 12-2, 12-5, 13-1, 13-2, 13-3, 13-4, 15-2, 16-1, 18-1, 19-1
- **Didemnum granulorum* (Von Drasche, 1883): 2-4, 8-3, 12-5, 13-5, 16-1
- **Didemnum coccineum* (Von Drasche, 1883): 1-3, 2-1, 2-3, 3-3, 4-2, 4-3, 5-2, 12-3, 13-4, 18-1, 19-1
- Didemnum coriaceum* (Von Drasche, 1883): 1-3, 2-2, 2-3, 3-3, 3-4, 3-5, 4-3, 8-2, 9-1, 10-1, 11-1, 12-1, 12-6, 13-1, 13-2, 13-4, 15-2, 16-1, 18-1, 19-1, 19-2
- Didemnum lahillei* Hartmeyer, 1909: 3-6, 13-5, 14-4, 19-1
- Didemnum maculosum* (Milne Edwards, 1841): 1-2, 2-3, 3-3, 4-1, 5-2, 8-1, 8-2, 12-1, 12-2, 12-6, 13-1, 13-2, 13-4, 14-1, 14-3, 15-2, 16-1, 17-1, 19-1
- Trididemnum cereum* (Giard, 1872): 3-3, 12-3, 14-3, 19-1
- **Trididemnum inarmatum* (Von Drasche, 1883): 2-2, 10-1, 19-1

FAMILY POLYCLINIDAE Verrill, 1871

- **Aplidium albicans* (Milne Edwards, 1841): 1-1, 4-2, 8-1, 8-2, 12-1, 12-2, 12-3, 14-3, 16-1
- Aplidium aff. albicans* (Milne Edwards, 1841): 3-2, 14-3, 19-1
- Aplidium coeruleum* Lahille, 1890: 19-1
- Aplidium conicum* (Olivier, 1792): 3-3, 8-2, 12-3, 14-3, 15-2, 19-1, 19-2
- Aplidium aff. pallidum* (Verrill, 1871): 14-3, 19-1
- Aplidium aff. pseudolobatum* Pérès, 1956: 1-2, 1-3, 4-3, 4-5, 8-2, 8-3, 12-3, 15-2, 19-1
- Polyclinum aurantium* Milne Edwards, 1841: 12-2, 19-1
- **Pseudodistoma crucigaster* Gaill, 1972: 1-3, 2-3, 4-5, 8-2, 8-3, 12-3, 15-2, 19-1
- Pseudodistoma cyrnusense* Pérès, 1952: 1-1, 1-3, 4-5, 5-1, 5-2, 8-2, 8-3, 12-3, 13-2, 14-3
- Sidnyum elegans* (Giard, 1872): 3-3, 3-4, 8-3, 19-1
- Synoicum blochmanni* (Heiden, 1894): 15-3, 16-1, 19-1

SUBORDER PHLEBOBRANCHIATA Lahille, 1890

FAMILY CIONIDAE Lahille, 1887

- **Ciona edwardsi* (Roule, 1886): 14-2, 16-1
- Rhopalaea neapolitana* (Philippi, 1843): 3-3, 16-1, 19-1

FAMILY PEROPHORIDAE Herdman, 1880

- Ecteinascidia turbinata* Herdman, 1880: 10-1, 11-1, 17-1, 17-2
- **Perophora viridis* Verrill, 1871: 1-2, 2-2, 5-2, 7-1, 8-4, 10-1

FAMILY ASCIDIIDAE Herdman, 1880

- **Ascidia colleta* Monniot & Monniot, 1970: 16-1, 19-1
- Ascidia mentula* Müller, 1776: 4-3, 7-2, 11-1, 17-1, 19-1
- Ascidia virginea* Müller, 1776: 3-3, 19-1
- Ascidiella scabra* (Müller, 1776): 9-1
- **Phallusia fumigata* Grube, 1864: 2-2, 4-3, 5-1, 8-1, 12-5, 14-2, 14-6
- Phallusia ingeria* Traustedt, 1883: 7-2, 8-1, 11-1, 19-1
- Phallusia mammillata* (Cuvier, 1815): 16-1, 19-1

Table. II. (suite) – List of the 60 species and their respective collection sites. Species tagged by symbol “*” are reported for the first time from the Balearic Islands.

ORDER PLEUROGONA Perrier, 1898

SUBORDER STOLIDOBRANCHIATA Lahille, 1890

FAMILY STYELIDAE Sluiter, 1895

- Botrylloides leachi* (Savigny, 1816): 12-2, 13-2
Botryllus schlosseri (Pallas, 1766): 7-1, 16-1, 19-1
 **Distomus variolosus* Gaertner, 1774: 12-5
Polycarpa gracilis Heller, 1877: 2-2, 19-1
Polycarpa pomaria (Savigny, 1816): 4-1, 6-1, 13-2
 **Polycarpa violacea* (Alder, 1863): 12-2, 14-3, 19-1

FAMILY PYURIDAE Hartmeyer, 1908

- **Cratostigma campoyi* Ramos, Turon & Lafargue, 1988: 12-1
Halocynthia papillosa (Linnaeus, 1767): 1-1, 1-2, 1-3, 2-2, 3-2, 4-2, 4-3, 8-2, 10-1, 12-2
 13-1, 15-3, 16-1, 16-2, 19-1
 **Microcosmus polymorphus* Heller, 1877: 3-3, 4-3, 6-1, 7-1, 8-2, 11-1, 14-3, 15-2, 16-1, 19-1
 **Pyura dura* (Heller, 1877): 2-4, 3-1, 4-1, 4-2, 13-1, 13-2, 14-2, 14-3, 17-1
Pyura microcosmus (Savigny, 1816): 2-2, 4-3, 6-1, 13-2, 15-2, 17-1, 19-1
 **Pyura squamulosa* (Alder, 1863): 8-1, 13-4, 19-1
 **Pyura tessellata* (Forbes, 1848): 12-1

FAMILY MOLGULIDAE Lacaze-Duthiers, 1877

- **Molgula bleizi* (Lacaze-Duthiers, 1877): 9-3

Encrusting and lobed colonies forming anastomosed aggregates. Surface smooth but for the depressions of the common cloacal apertures. The original iridescent violet blue turns a translucent yellow after fixation. No sand encrustations, and no regular zooid systems. Colony texture gelatinous.

Zooids small (max. 2 mm) and white (after fixation), with an orange colored stomach. The thorax/abdomen/postabdomen length ratio is 2/1/1. There are six rounded oral lobes and six oral tentacles. The characteristic atrial siphon lacks a languet. It arises from a wide, oval sac between the second and the fifth row of stigmata and ends with a half-moon shaped atrial aperture at the level of the third row.

Branchial sac with 5 straight rows of 10-12 stigmata per half-row. Intestine short and not twisted, a rather oval stomach with 9 longitudinal folds (sometimes incomplete). The post-stomach, particularly at the proximal end, is full with reserve cells. Several zooids display some regressing testicular lobes. Only one larva has been found in the atrial cavity of a zooid.

Among the Atlantic-Mediterranean species of *Aplidium* lacking a languet and with less than 8 stigmata rows and more than 6 stomachal folds, there are *Aplidium pallidum* (Verrill, 1871), with usually 7 rows of stigmata (but varying from 5 to 8, according to Berril, 1950), and *A. lacteum* var. *mortolaense* Brément, 1913, with 5 rows (Brément, 1913). Van Name (1945) considers *A. lacteum* and *A. pallidum* to be synonymous. *A. griseum* Lahille, 1890 possess 6 stigmata rows, but only 4-6 ridges in the stomach. Our specimens differ from these species (and from the other 5-rowed *Aplidium* species, *A. agulhaense* Hartmeyer, 1912 and *A. depressum* Sluiter, 1909) in the

characteristic form of the atrial siphon. As we do not dispose of mature specimens, we consider ill-advised the description of a new species and we prefer to place it for the moment as a species close to *A. pallidum*.

***Aplidium* aff. *pseudolobatum* (Pérès, 1956)**
(Fig. 2 D,E)

References: *Amaroucium pseudolobatum* Pérès (1956): p. 293

Colonies club-shaped, spherical or oval. The biggest specimen measured 60 x 50 x 30 mm. Tunic translucently white or yellow-colored. Texture gelatinous with a somewhat harder, slightly granular surface. Scattered sand grains embedded, particularly in the base of the colony. The zooids form meandering systems with protruding atrial siphons.

The whitish zooids measure up to 18 mm. The thorax/abdomen/postabdomen ratio ranges from 1/1/4 to 1/1/7. The oral siphon presents 6 rounded or blunt lobes and 12 tentacles in two circles (6+6). The atrial siphon shows a thin languet of variable length (up to half of the branchial sac length) at the level of the second row of stigmata. The smooth atrial aperture opens between the third and the 5th row of stigmata. There are 13-17 rows of stigmata with 9-10 stigmata per half-row. No intestinal twist. Stomach with 5 unobvious longitudinal ridges. The anus, with a smooth rim, opens at the posterior part of the branchial sac, opposite the penultimate row of stigmata. Zooids are immature, although several individuals showed tiny testicular lobes.

Among the Northeast-Atlantic and Mediterranean species of *Aplidium* with a cloacal languet and 4 to 6 stomach folds, it is *Aplidium pseudolobatum* (Pérès, 1956) which is closest to our specimens, according to colony form and texture,

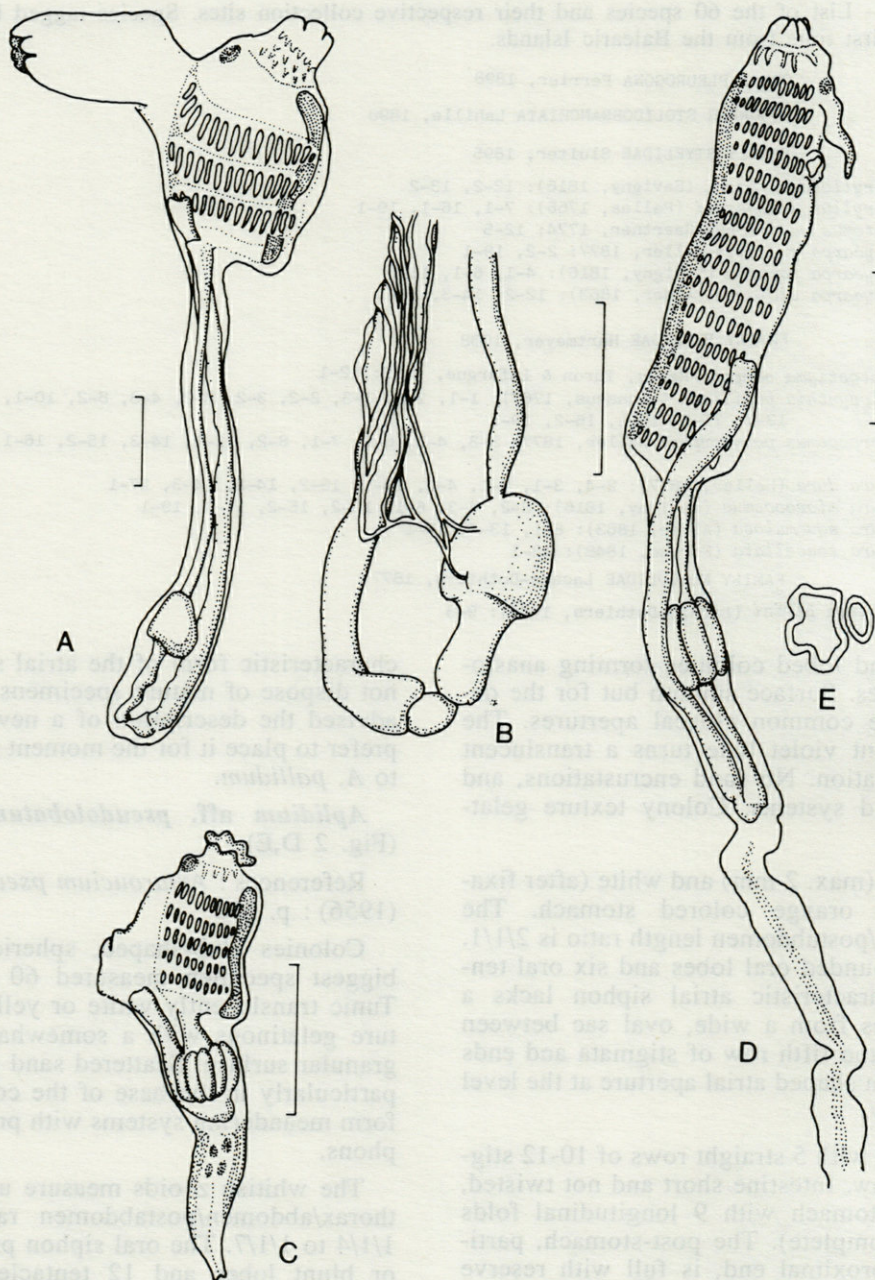


Fig. 2. — A, B : *Eudistoma banyulensis* Brément, 1912. A : whole zooid. B, detail of the pyloric gland. C : *Aplidium* aff. *pallidum*, whole zooid. D, E : *Aplidium* aff. *pseudolobatum*. D : zooid with the proximal part of the postabdomen. E : transverse section of the stomach and intestine. Scale bars : 500 µm.

zooid pattern and number of stigmata per half-row. But they differ in the atrial siphon (the drawing of Pérès, 1956 : p. 293, shows the atrial aperture in contact with the languet), the absence of twist in the intestine and the superior number of stigmata rows in our specimens (we must keep in mind that Pérès's specimens were immature, as ours). For the time being, we preserve the affinity with *A. pseudolobatum* (despite the incomplete description of Pérès), until examination of mature individuals of the Balearic form.

Ascidia colletta Monniot & Monniot, 1970

References : *Ascidia colletta* Monniot & Monniot (1970) : p. 1192

Three specimens have been collected (ranging from 30 to 75 mm of total length). They fit well the original description (Monniot & Monniot, 1970) : rough test with large tubercles, more abundant in the siphonal area; atrial opening widely separated from the oral one (approximately 2/3 of the total body length); wide and granular pericoronal area with longitudinal grooves; dorsal lamina with the margin irregularly toothed and papillae on the right side;

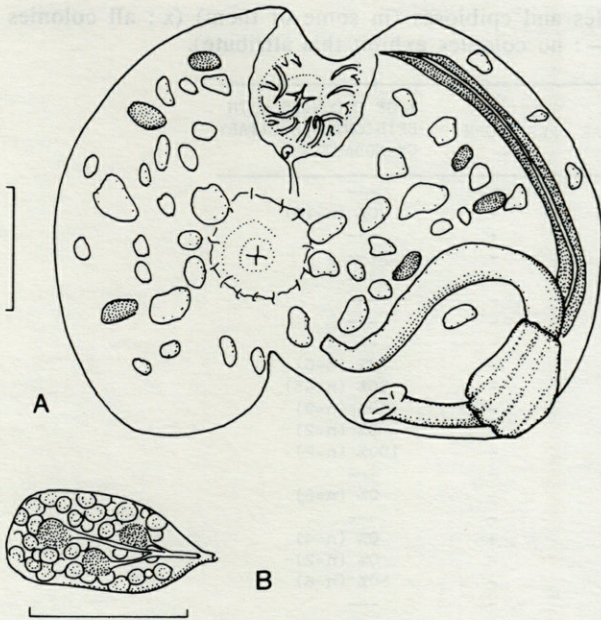


Fig. 3. — *Polycarpa violacea* (Alder, 1863). A: individual without branchial sack. B: detail of a polycarp. Scale bars: A: 1 mm. B: 250 μ m.

branchial sac with intermediate papillae, smaller than the principal ones.

A. colleta has been previously recorded in the Adriatic Sea (Monniot & Monniot, 1970) and in Greek waters (Koukouras & Siamidou-Efremidou, 1979). Two specimens of this species were collected in the NE Spanish littoral during the first part of this study (July 1985) and were wrongly classified as *A. muricata* Heller, 1874 (Lafargue *et al.*, 1986).

Polycarpa violacea (Alder, 1863) (Fig. 3)

References: *Styela violacea*: Alder & Hancock, 1907: p. 125;

Polycarpa violacea: Glémarec & Monniot (1966): p. 352.

The four studied specimens were small (2-7 mm), globular or spherical in shape. Test leathery, covered with coarse sand and with thin root-like prolongations. The long, red-colored siphons are set close together, the intersiphonal slit is not discernible. All specimens were fixed on stones or on the rhodophyte *Vidalia volubilis*.

The 18 oral tentacles are simple. Dorsal tubercle small and I- or C- shaped; dorsal lamina smooth. The branchial sac, with straight stigmata, shows 4 longitudinal folds. The branchial formula depends on the size of the individuals; for instance, two individuals of 2 and 5 mm of length exhibit the following branchial formulas:

2 mm: Left, R-0-5-0-2-0-4-0-2-0-E / Right, R-0-5-0-2-0-4-0-2-0-E

5 mm: Left, R-0-7-1-3-1-7-1-5-1-E / Right, R-0-6-1-4-1-7-1-5-0-E

The oesophagus is rather long, the stomach short with 7-9 longitudinal folds. No pyloric appendix visible. The S-shaped digestive tube fills the inferior left third of the mantle. The rectum ends by an anus with slightly lobed rim. Small, oval or round polycarpic gonads with 3-4 testicular acini (Fig. 3B) are present (3-4 of them per bodyside). The male acini have a common spermiduct which opens close to the end of the oviduct. One 5 mm long specimen displayed larvae in the right half on the mantle. Numerous (more than 30) endocarps are present in the bigger individuals, scattered over the mantle, even within the intestinal loop. There is a small cloacal velum, with tiny tentacles.

The *Polycarpa fibrosa* complex (*Polycarpa fibrosa* (Stimpson, 1852), *P. comata* (Alder, 1863), *P. violacea* (Alder, 1863), *P. pusilla* Herdman, 1884, *P. libera* Arnböck-Christie-Linde, 1922 and *P. kornogi* Glémarec & Monniot, 1966) comprises the polycarp containing species with sand covered test and root-like prolongations (Glémarec & Monniot, 1966; Monniot & Monniot, 1983). Our specimens resemble *P. violacea* by the following criteria: short stomach, no visible pyloric appendix, anus slightly lobed, type of substratum (rock or algae) and littoral distribution. On the other hand, our specimens differ from the species' description in some minor ways: the intersiphonal slit has not been observed, the polycarps can be oval and the endocarps big. *P. violacea* has been reported for the Mediterranean Sea by (Monniot & Monniot, 1975) in the "Canyon la Casidaigne".

2. Biological and bionomical remarks

Table III offers some information on the biological cycle and epibiotic situation of some colonial species. The observation of the epibioses in the laboratory has shown that the colony surface of the colonial species is usually "clean", lacking epibionts. Pluricellular epibionts are extremely rare: the only case observed was a bryozoan (*Actea truncata*) growing on a colony of *Cystodytes dellechiaiei* and some tiny green algae on another colony of *C. dellechiaiei* and 3 colonies of *Polysyncrator bilobatum*. More frequent is the association between didemnid (and polycitorid) ascidians and cyanobacteria. Thus, *Cystodytes dellechiaiei*, *Lissoclinum perforatum*, *Didemnum commune*, *D. granulosum* and *D. coccineum* exhibited more or less regularly a great number of these prokaryotes loosely attached to their colonies surface. The remaining 9 didemnid species were always free of any kind of epibionts.

The richest habitats are the sheltered sciaphilous algae (SSI) and the coastal detritic (CD) with 41 species each (Table IV).

Table. III. – Colonial ascidians: data on their biological cycles and epibioses (in some of them) (x: all colonies exhibit this attribute, +: some colonies exhibit this attribute, -: no colonies exhibit this attribute).

SPECIES	GONADS	LARVAE	RES. FORM.	% OF COLONIES WITH EPIBIONTIC SOLITARY CYANOBACTERIA
<i>Clavelina nana</i>	-	-	-	---
<i>Cystodytes dellechiaiei</i>	+	+	+	20% (n=10)
<i>Distaplia rosea</i>	-	-	+	---
<i>Eudistoma banyulensis</i>	-	-	-	---
<i>Eudistoma costai</i>	+	+	+	---
<i>Eudistoma planum</i>	-	-	-	---
<i>Polycitor adriaticum</i>	x	-	-	---
<i>Polycitor cristallinus</i>	x	x	-	---
<i>Didemnum coccineum</i>	+	+	-	33% (n=6)
<i>Didemnum commune</i>	+	+	-	36% (n=45)
<i>Didemnum coriaceum</i>	+	+	-	0% (n=9)
<i>Didemnum fulgens</i>	+	+	-	0% (n=2)
<i>Didemnum granulatum</i>	-	+	-	100% (n=2)
<i>Didemnum lahillei</i>	-	+	-	---
<i>Didemnum maculosum</i>	+	+	-	0% (n=6)
<i>Didemnum pseudofulgens</i>	-	x	-	---
<i>Polysyncraton bilobatum</i>	x	-	+	0% (n=4)
<i>Polysyncraton canetense</i>	-	-	-	0% (n=2)
<i>Lissoclinum perforatum</i>	+	+	-	50% (n=6)
<i>Lissoclinum weigelei</i>	x	+	-	---
<i>Diplosoma listerianum</i>	x	x	-	---
<i>Diplosoma spongiforme</i>	-	+	-	0% (n=6)
<i>Trididemnum cereum</i>	-	x	-	---
<i>Trididemnum inarmatum</i>	-	+	-	---
<i>Aplidium albicans</i>	-	+	-	---
<i>Aplidium aff. albicans</i>	-	-	-	---
<i>Aplidium coeruleum</i>	+	+	-	---
<i>Aplidium conicum</i>	-	-	+	---
<i>Aplidium aff. pallidum</i>	-	-	-	---
<i>Aplidium aff. pseudolobatum</i>	-	-	-	---
<i>Polyclinum aurantium</i>	+	+	-	---
<i>Pseudodistoma crucigaster</i>	-	+	+	---
<i>Pseudodistoma cyrnusense</i>	+	+	+	---
<i>Sidnyum elegans</i>	-	-	-	---
<i>Synoicum blochmanni</i>	+	-	+	---
<i>Perophora viridis</i>	+	+	-	---
<i>Ecteinascidia turbinata</i>	x	-	-	---
<i>Botryllus schlosseri</i>	x	-	-	---
<i>Botrylloides leachi</i>	-	-	-	---

Among the explored biocoenoses, the semi-obscure caves (SC) harboured the most uncommon species, such as *Pyura tessellata*, *Crastostigma campoyi* and *Molgula bleizi*.

The quantitative and qualitative richness of the coastal detritic (CD) should be emphasized. In fact, two sampling events in this habitat (3 % of the total) yielded 406 specimens (29 % of the total) representing 41 species (68 % of the total). This biocoenosis has already been described by Pérès (1956) who named it "synascidian ground" ("fond à synascidies", Pérès & Picard, 1964) for this very reason.

3. Biogeographic affinities

The ascidian fauna of the Balearic Islands contains a strong endemic Mediterranean element: 26.3 % of the collected species (we excluded the 3 species not definitely classified) are to our knowledge restricted to the Mediterranean Sea: *Eudistoma banyulensis*, *E. costai*, *Polycitor adri-*

aticum, *Didemnum coccineum*, *D. commune*, *D. pseudofulgens*, *Aplidium conicum*, *Pseudodistoma crucigaster*, *P. cyrnusense*, *Synoicum blochmanni*, *Ciona edwardsi*, *Ascidia colleta*, *Phallusia fumigata*, *P. ingeria* and *Crastostigma campoyi*. This percentage is higher than the one found on the coasts of Northern Catalunya (Lafargue *et al.*, 1986), and slightly smaller than the one calculated by one of us (Ramos, 1987) for the Spanish Levantine coast (central sector of the Western Mediterranean).

The cosmopolite element accounts for 12.3 % of the total of species. These are: *Cystodytes dellechiaiei*, *Polycitor cristallinus*, *Didemnum coriaceum*, *Diplosoma listerianum*, *Ecteinascidia turbinata*, *Perophora viridis* and *Botryllus schlosseri*. The remaining species (61.4 % of the total) are of Atlantic-Mediterranean repartition: *Clavelina nana*, *Distaplia rosea*, *Eudistoma planum*, *Lissoclinum perforatum*, *L. weigelei*, *Polysyncraton canetense*, *P. bilobatum*, *Diplosoma spongiforme*, *Didemnum fulgens*, *D. granulatum*, *D. lahillei*, *D. maculosum*, *Trididemnum cereum*, *T. inarmatum*, *Aplidium albicans*, *A. coeruleum*,

Table. IV – Ecological distribution of the species : number and percentage (in brackets) of individuals or colonies sampled in the different biocoenoses. Codes of biocoenoses as detailed in the text.

	SC	UB	C	SSI	PSI	SEI	PEI	CD	PBr	PBl	SMS
<i>Clavelina nana</i>	.	.	.	.	1(20)	3(60)	.	1(20)	.	.	.
<i>Cystodytes dellechiaiei</i>	8(10)	3(4)	12(14)	27(32)	13(15)	7(8)	2(2)	11(13)	1(1)	.	.
<i>Distaplia rosea</i>	.	.	.	1(8)	.	.	.	11(92)	.	.	.
<i>Eudistoma banyulensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	2(15)	11(85)	.	.
<i>Eudistoma costai</i>	2(8)	.	9(37)	9(37)	.	.	.	4(17)	.	.	.
<i>Eudistoma planum</i>	.	.	.	3(100)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polycitor adriaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1(100)	.	.
<i>Polycitor cristallinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1(100)	.	.	.
<i>Didemnum coccineum</i>	.	.	18(31)	7(12)	5(9)	1(2)	.	7(12)	.	.	.
<i>Didemnum commune</i>	.	.	7(4)	73(38)	18(9)	38(19)	.	31(16)	23(12)	2(1)	.
<i>Didemnum coriaceum</i>	1(1)	4(3)	5(4)	46(37)	1(1)	.	.	45(37)	14(11)	7(6)	.
<i>Didemnum fulgens</i>	.	3(23)	5(38)	1(7)	.	.	.	.	4(31)	.	.
<i>Didemnum granulorum</i>	.	2(40)	.	.	1(20)	1(20)	.	1(20)	.	.	.
<i>Didemnum lahillei</i>	.	8(89)	.	.	.	.	.	1(11)	.	.	.
<i>Didemnum maculosum</i>	12(12)	7(7)	6(6)	19(19)	3(3)	2(2)	.	47(47)	3(3)	.	.
<i>Didemnum pseudofulgens</i>	.	.	.	1(100)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polysyncraton bilobatum</i>	.	.	8(38)	8(38)	.	.	.	4(19)	1(4)	.	.
<i>Polysyncraton canetense</i>	.	4(36)	.	7(64)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lissoclinum perforatum</i>	.	.	.	5(29)	4(24)	5(29)	1(6)	2(12)	.	.	.
<i>Lissoclinum weigelei</i>	.	.	.	15(94)	.	.	.	.	1(6)	.	.
<i>Diplosoma listerianum</i>	.	.	.	2(33)	.	4(66)	.	.	.	.	.
<i>Diplosoma spongiforme</i>	.	.	2(4)	5(11)	8(17)	7(15)	7(15)	18(38)	.	.	.
<i>Trididemnum cereum</i>	.	.	.	5(83)	.	.	.	1(17)	.	.	.
<i>Trididemnum inarmatum</i>	.	.	.	2(6)	.	.	.	31(94)	.	.	.
<i>Aplidium albicans</i>	2(4)	.	12(26)	5(11)	.	.	.	15(32)	.	.	.
<i>Aplidium aff. albicans</i>	.	.	3(60)	1(20)	.	.	.	1(20)	.	.	.
<i>Aplidium coeruleum</i>	.	.	.	.	.	.	.	38(100)	.	.	.
<i>Aplidium conicum</i>	.	.	.	9(30)	2(7)	.	.	14(47)	5(17)	.	.
<i>Aplidium aff. pallidum</i>	.	.	.	4(80)	.	.	.	1(20)	.	.	.
<i>Aplidium aff. pseudolobatum</i>	.	.	.	97(76)	3(2)	.	.	8(6)	19(15)	.	.
<i>Polyclinum aurantium</i>	.	.	5(63)	.	.	.	.	3(37)	.	.	.
<i>Pseudodistoma crucigaster</i>	.	.	1(1)	3(4)	9(12)	.	.	39(52)	7(9)	.	.
<i>Pseudodistoma cyrnusense</i>	.	.	.	39(61)	13(20)	1(1)	2(3)	.	9(14)	.	.
<i>Sidnyum elegans</i>	.	.	.	2(22)	1(11)	.	.	3(33)	3(33)	.	.
<i>Synoicum blochmanni</i>	.	.	.	.	.	.	.	31(91)	3(9)	.	.
<i>Ciona edwardsi</i>	.	.	2(50)	.	.	.	.	2(50)	.	.	.
<i>Rhopalaea neapolitana</i>	.	.	.	2(33)	.	.	.	4(66)	.	.	.
<i>Ecteinascidia turbinata</i>	.	.	.	10(40)	.	.	.	.	.	.	15(60)
<i>Perophora viridis</i>	.	.	.	6(75)	.	2(25)	.	.	.	.	.
<i>Ascidia colleta</i>	.	.	.	.	.	.	.	3(100)	.	.	.
<i>Ascidia mentula</i>	.	5(38)	1(8)	6(46)	.	.	.	1(8)	.	.	.
<i>Ascidia virginea</i>	.	.	.	1(33)	.	.	.	2(66)	.	.	.
<i>Ascidella scabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1(100)	.	.
<i>Phallusia fumigata</i>	1(7)	2(13)	3(20)	5(33)	.	4(27)	.	.	.	.	.
<i>Phallusia ingeria</i>	.	4(67)	1(17)	.	.	.	.	1(17)	.	.	.
<i>Phallusia mammillata</i>	.	.	.	.	.	.	.	2(100)	.	.	.
<i>Botrylloides leachi</i>	.	.	3(60)	2(40)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Botryllus schlosseri</i>	.	5(45)	.	3(27)	.	.	.	3(27)	.	.	.
<i>Distomus variolosus</i>	.	.	.	.	.	1(100)	.	.	.	.	.
<i>Polycarpa gracilis</i>	.	.	.	2(20)	.	.	.	8(80)	.	.	.
<i>Polycarpa pomaria</i>	.	.	.	3(100)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polycarpa violacea</i>	.	.	1(25)	1(25)	.	.	.	2(50)	.	.	.
<i>Cratostigma campoyi</i>	1(100)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Halocynthia papillosa</i>	1(4)	.	10(38)	10(38)	.	.	.	2(8)	3(12)	.	.
<i>Microcosmus polymorphus</i>	.	.	.	15(88)	.	.	.	2(12)	.	.	.
<i>Pyura dura</i>	4(21)	3(16)	5(26)	7(37)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pyura microcosmus</i>	.	.	.	10(91)	.	.	.	1(9)	.	.	.
<i>Pyura squamulosa</i>	.	.	.	1(33)	.	.	.	1(33)	1(33)	.	.
<i>Pyura tessellata</i>	1(100)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Molgula bleizi</i>	1(100)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
number of sampling events	4	7	11	14	6	4	1	2	8	1	1
number of species present	11	12	22	41	14	13	4	41	19	2	1
% of total species	18	20	37	68	23	22	7	68	32	3	2 (100%= 60)
number of specimens	34	50	114	481	82	76	12	406	132	9	15
% of total specimens	2	4	8	34	6	5	0,5	29	9	0,5	1 (100%= 1411)

Polyclinum aurantium, *Sidnyum elegans*, *Rhopalaea neapolitana*, *Ascidia mentula*, *A. virginea*, *Ascidiella scabra*, *Phallusia mammillata*, *Botrylloides leachi*, *Distomus variolosus*, *Polycarpa gracilis*, *P. pomaria*, *P. violacea*, *Halocynthia papillosa*, *Microcosmus polymorphus*, *Pyura dura*, *P. microcosmus*, *P. squamulosa*, *P. tessellata* and *Molgula bleizi*.

The percentage of colonial species (66.6 % = 40 out of 60 species) is comparable to that determined for the North-Catalan coast (67.2 % = 39 out of 58 species, Lafargue *et al.*, 1986).

The absence of several species, very common on the neighboring continental Spanish coast should be noted, too. In this respect, it is surprising that we have not found species such as *Polysyncraton lacazei*, *Microcosmus sabatieri* and *Microcosmus nudistigma*. On the other hand, the Polyclinidae family is much better represented in the archipelago than in the continental shores, either quantitatively or qualitatively.

CONCLUSIONS

A total of 60 ascidian species have been collected on the Balearic coasts. Among these, *Cratostigma campoyi* represents a new species, described in a former paper (Ramos *et al.*, 1988). *Polycarpa violacea* is reported for the second time for the Mediterranean. *Ascidia colletta* is mentioned for the first time in the Western Mediterranean. *Lissoclinum weigelei* and *Eudistoma banyulensis* are newly included in the Spanish fauna and 26 of the species collected have never been signaled before from the Balearic Islands (Table II, species marked with asterisk). A peculiarity of this region is the abundance of polyclinid ascidians and the scarcity of solitary ascidians. The qualitatively and quantitatively richest biocoenoses were the coastal detritic (with the facies of "synascidian ground" of Pérès & Picard, 1964) and the sheltered sciaphilous algae biocoenosis.

The Balearic ascidian fauna exhibits an endemic Mediterranean element relatively more important than in the Catalan fauna (continental coast) (Lafargue *et al.*, 1986).

ACKNOWLEDGEMENTS — We are thankful to Dr. M. Ballesteros, professor at the University of Barcelona for his help. We wish to thank the Captain and crew of the R/V "Pr. Georges Petit" and G. Boyer, professional diver of the "Laboratoire Arago" for their valuable assistance. Financial assistance was granted by the INSERM (contract n. 841014).

REFERENCES

- ALDER J. & H. HANCOCK, 1907. The British Tunicata, and unfinished monograph. Ray Society, London.
- BERRILL N.J., 1950. The Tunicata, with an account of the British species, Ray Society, London.
- BOUDOURESQUE C.-F., 1971. Contribution à l'étude phytosociologique des peuplements algaux des côtes varoises. *Vegetatio* 22 : 89-184.
- BREMENT E., 1912. *Polycitor (Eudistoma) banyulensis*. nov. sp. Synascidie nouvelle du Golfe du Lion. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco* 248 : 1-8.
- BREMENT E., 1913. Sur la présence, en Méditerranée, d'une variété de l'*Aplidium lacteum* Huitf., synascidie arctique et subarctique. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco* 169 : 1-10.
- BUEN O. DE, 1905. La région méditerranéenne des Baléares. *Bull. Soc. Zool. France* 30 : 97-106.
- GLEMAREC M. & C. MONNIOT, 1966. Répartition des ascidies des fonds meubles de la côte Sud de Bretagne. *Cah. Biol. Mar.* 7 : 343-366.
- HARANT H., 1927. La faune ascidiologique de Banyuls et de Cette. Essai de révision des ascidies de la Méditerranée occidentale. *Ann. Inst. océanogr. Paris* 4 (5) : 209-251.
- HARANT H. & P. VERNIERES, 1933. Faune de France. 5. Tuniciers I. Ascidies. Lechevalier, Paris.
- HEIDEN H., 1894. Ascidiae aggregae und ascidiae compositae von der Insel Menorca. *Zool. Jahrb. Syst.* 7 : 341-364.
- KOUKOURAS A. & O. SIAMIDOU-EFREMIDOU, 1979. Benthic fauna of the North Aegean Sea. I. Cionidae and Ascidiidae (Tunicata, Ascidiacea). *Vie Milieu* 28-29 (4 AB) : 635-646.
- LAFARGUE F., A.A. RAMOS, X. TURON, B. BANAIGS & M. WAHL, 1986. The littoral ascidians of the Spanish Mediterranean. I. From Port-Bou to the Islas Medas. *Vie Milieu* 36 (2) : 133-139.
- LAFARGUE F. & M. WAHL, 1987. Faune de France des ascidies Didemnidae. *Ann. Inst. océanogr. Paris* 63 (1) : 1-46.
- MILNE-EDWARDS H., 1841. Observations sur les ascidies composées des côtes de la Manche. *Mem. Acad. Sci. Paris* 18 : 217-326.
- MOLINIER R., 1954. Première contribution à l'étude des peuplements marins superficiels des Iles Pithyuses (Baléares). *Vie Milieu* 5 : 226-242.
- MONNIOT C. & F. MONNIOT, 1970. Quelques ascidies de l'Adriatique. *Bull. Mus. natn. Hist. Nat.* 42 (6) : 1189-1199.
- — 1972. Clé mondiale des genres d'ascidies. *Arch. zool. exp. gén.* 113 : 311-367.
- — 1983. Ascidies des fonds meubles situés autour de l'île de Port-Cros. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros Fr.* 9 : 97-105.
- MONNIOT F. & C. MONNIOT, 1975. Sept espèces d'ascidies profondes de Méditerranée. *Bull. Mus. natn. Hist. Nat. Zool.* 232 : 1117-1134.

- PERES J.M., 1956. Campagnes de la Calypso sur le Seuil Siculo - Tunisien. II. Ascidies. *Ann. Inst. océanogr. Paris* **32** : 267-304.
- — 1957 a. Ascidies récoltées dans les parages des Baléares par le "Professeur Lacaze-Duthiers" (1ère partie : Majorque et Minorque). *Vie Milieu suppl.* **6** : 177-184.
- — 1957 b. Ascidies récoltées dans les parages des Baléares par le "Professeur Lacaze-Duthiers" (2ème partie : Ibiza et San Antonio). *Vie Milieu suppl.* **6** : 223-234.
- — 1959. Campagne de la Calypso en Mer d'Alboran et dans la baie Ibéro-Marocaine (1958). I. Ascidies. *Ann. Inst. océanogr. Paris* **37** : 295-313.
- PERES J.M. & J. PICARD, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume* **31** (47) : 5-137.
- RAMOS A.A., 1987. Tunicados bentónicos (Ascidiacea) de la campana "Islas Menores" (costa E, Peninsula Ibérica). *Cuad. Marisq. Publ. Téc.* **11** : 183-195.
- RAMOS A.A., X. TURON & F. LAFARGUE, 1988. *Cratostigma campoyi* n. sp. (Tunicata, Ascidiacea) du Méditerranée occidentale. Quelques observations sur le genre *Cratostigma* Monniot & Monniot, 1961. *Vie Milieu* **38** (1) : 95-100.
- RODRIGUEZ E., 1922. Fauna balear : Tunicados existentes en la colección del laboratorio biológico-marino de Baleares. *Bol. Pesc. Inst. esp. oceanogr.* **68** : 97-111.
- VAN NAME W.G., 1945. The North and South American ascidians. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **84** : 1-476.

Reçu le 8 juin 1989; received June 8, 1989

Accepté le 6 octobre 1989; accepted October 6, 1989

MAP OF BENTHIC VEGETATION AND SEA-BOTTOM TYPES IN THE HARBOUR AT BANYULS-SUR-MER (P.-O., FRANCE)

G. PERGENT, C. F. BOUDOURESQUE, I. THELIN,
M. MARCHADOUR, C. PERGENT-MARTINI

Laboratoire d'Ecologie du Benthos, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France

MAP
BENTHIC VEGETATION
POSIDONIA OCEANICA
POLLUTION

CARTOGRAPHIE
VÉGÉTATION BENTHIQUE
POSIDONIA OCEANICA
POLLUTION

Abstract – A map of benthic vegetation and sea-bottom types in the harbour at Banyuls-sur-Mer shows the presence of a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. The area covered by this meadow is important (more than 10 % of the total area of the harbour). The *Posidonia oceanica* meadow presents a high level of vitality in spite of a visible chemical pollution which often appears responsible for the seagrass meadow decline.

RÉSUMÉ – Une carte de la végétation benthique et des types de fond du port de Banyuls-sur-Mer montre la présence d'un herbier à *Posidonia oceanica*. La surface couverte par cet herbier est importante (plus de 10 % de la surface totale du port). L'herbier à *Posidonia oceanica* montre une forte vitalité malgré la présence de pollutions chimiques souvent responsables de la régression des herbiers de phanérogames marines.

PROBLEM

A *Posidonia oceanica* (L.) Delile seagrass meadow is present inside the small harbour at Banyuls-sur-Mer (Pyr.-Or., France), where more than 300 pleasure and fishing boats are berthed. There is an extensive literature devoted to the impact of pollution on *Posidonia oceanica* (Bourcier, 1976; Eugene, 1978; Cristiani, 1979, 1980; Augier *et al.*, 1984a, 1984b, 1987; Libes, 1986) and the resulting dramatic decline of seagrass meadows along the Mediterranean coastline (Augier and Boudouresque, 1970, 1972; Ben Alaya, 1972; Ghirardelli *et al.*, 1974; Giaccone, 1975; Peres and Picard, 1975; Blanc and Jeudy de Grissac, 1978; Giaccone and Calvo, 1980; Meinesz and Laurent, 1980; Boudouresque and Meinesz, 1982; Ardizzone and Pelusi, 1983; Peres, 1984).

The question is, therefore, whether this seagrass meadow is a vestige of a previously-existing meadow in the process of extinction (because of turbidity and/or pollution), or whether it shows signs of expansion. The situation at Banyuls-sur-Mer, which shows an expansive *Posidonia* bed, would tend to contradict the often hasty generalisations that have been made concerning the impact of pollution on *Posidonia oceanica* meadows.

To document the precise existing boundaries of this *Posidonia* meadow, and of other vegetation

and types of bottom in the Banyuls-sur-Mer harbour, in order that future developments can be monitored, a map was constructed.

MATERIAL AND METHODS

The turbidity level of the waters at this site precluded the use of aerial photographs which need very clear water to be powerful. Since the area to be studied was limited (4 to 5 hectares), the transect method was used (Meinesz *et al.*, 1981).

Twenty-four transects were examined by Scuba diving between January and March 1985. The transects were marked out on the bottom with metal measuring tapes stretched between easily-identifiable points on the shore. The composition of the flora and substrates (Meinesz *et al.*, 1983) was recorded metre by metre.

The flora and substrates included in the survey are :

- *Posidonia oceanica* meadow
- Dead *Posidonia oceanica* mat
- Photophilic algal populations on rock
- Mud (< 0.0625 mm in Chamley 1986)
- Muddy sand (< 0.250 mm in Chamley 1986)

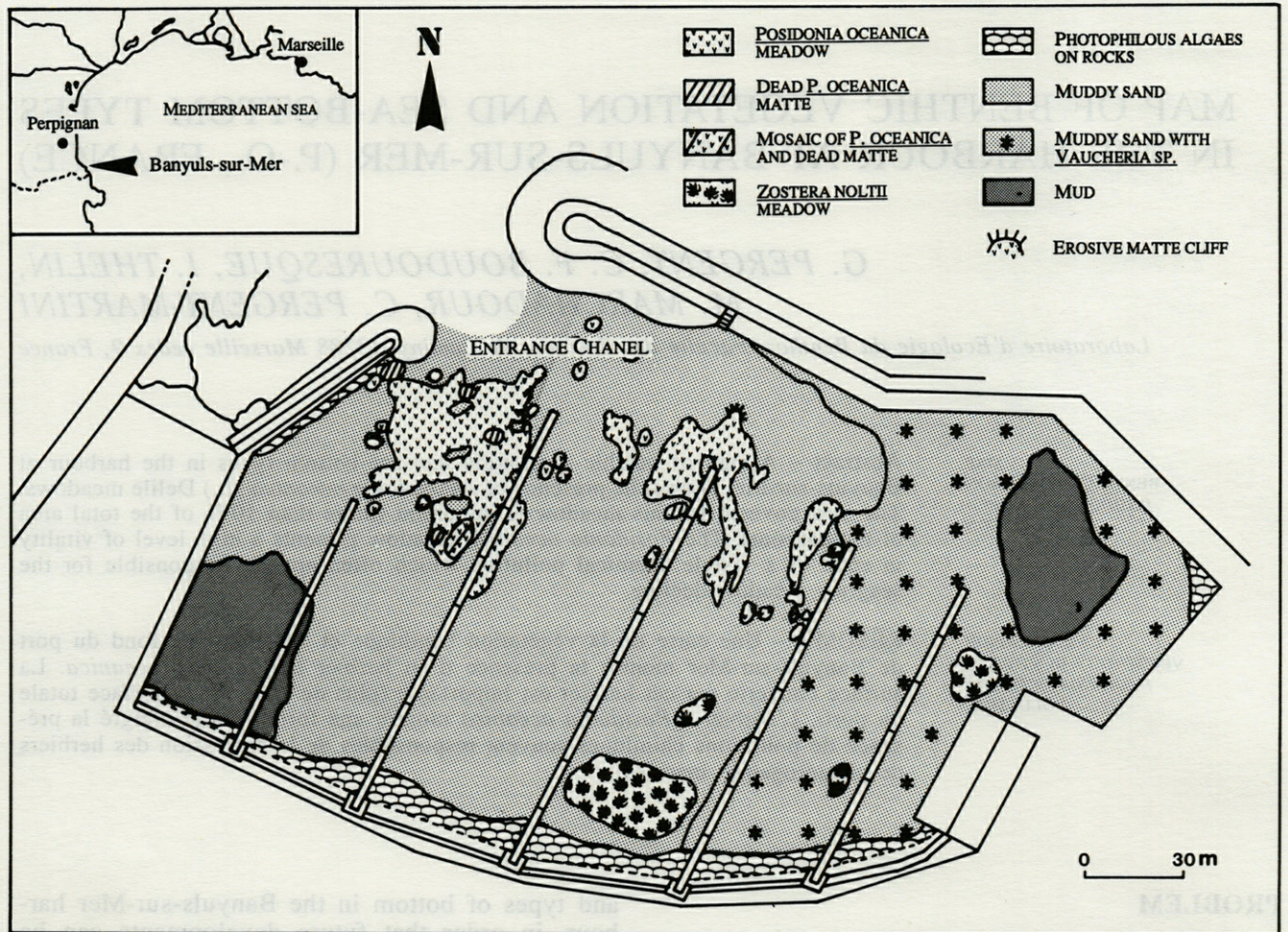


Fig. 1. — Map of benthic vegetation and sea-bottom types in the harbour at Banyuls-sur-Mer (December 1985). Above, on the left corner, localization of Banyuls-sur-Mer harbour.

— Muddy sand with *Vaucheria sp.* (Xanthophyceae)

— Muddy sand with *Zostera noltii* Hornemann (Potamogetonaceae)

RESULTS AND DISCUSSION

The *Posidonia oceanica* meadow covers an area of 3,600 m² (between 2 and 5 meters depth), or more than 10 % of the total area of the harbour (Fig. 1).

The meadow shows signs of considerable vitality : (i) a considerable number of creeping plagiotropic rhizomes have colonised the sediment around the perimeter of the meadow; (ii) the dead mat areas are not extensive; (iii) shoot density is relatively high (350 to 500 shoots per m²); (iv) phenological examination of the leaf shoots shows that the leaves have the highest length (60 cm on average) and leaf index values (between 126 and

292 cm per shoot) recorded in this region (Pergent *et al.*, 1985; Pergent, 1987).

No significant expanse of dead mat was found buried in the sand (digging was carried out to a depth of at least 20 cm), which would seem to suggest that there has been no recent recession of the meadow.

The meadow is probably of ancient origin, since there are cliffs formed of dead mat in the harbour entrance channel, which is regularly dredged. In places, these cliffs reach a height of 1 m. It is known that the vertical growth rate of rhizomes rarely exceeds 5 cm/year (Boudouresque *et al.*, 1984; Boudouresque and Jeudy de Grissac, 1983); over longer periods, an approximate mat thickness growth rate of 1 m per century is generally accepted (Molinier and Picard, 1952). A mat of this thickness therefore indicates that the meadow must have already existed before the construction of the harbour. Pruvot (1894) mentioned a *Posidonia oceanica* meadow in the Banyuls-sur-Mer bay, but on his map all shoreline deposits (gravel beds, sand, seagrass meadows) are grouped together, so that it is impossible to determine the exact position.

On the available evidence, there is nothing to exclude the hypothesis that the surface covered by the meadow has been stable since the construction of the harbour.

Various factors might explain the apparent stability, except in the entrance channel, and high level of vitality of the meadow, which might otherwise seem unlikely in the setting of a harbour: (i) the major causes of the decline of *Posidonia oceanica* in the Pyrénées-Orientales, sedimentary deficiency and vigorous water movements (Molinier and Picard, 1952; Pergent *et al.*, 1985), do not apply within the harbour; (ii) the Banyuls-sur-Mer harbour is relatively small (350 moorings) and the occupancy rate is relatively low outside the tourist season (below 60 %); (iii) no major outlet or watercourse discharges into the harbour, so there is no significant decrease of salinity; (iv) the exposure of the harbour and the hydrological patterns mean that the level of water renewal is high, especially in the vicinity of the entrance channel, where the meadow displays the greatest vitality.

Nonetheless, the level of chemical pollution in the Banyuls-sur-Mer harbour (antifouling paint, detergent, hydrocarbons), particularly during the tourist season, seems at least as high as that recorded at many open sites where seagrass meadow recession has been attributed to pollution: e.g. Port-Cros (Augier and Boudouresque, 1970; Augier *et al.*, 1976; Monnier-Besombes, 1983), Porquerolles (Augier, 1981), Gulf of Marseilles (Peres, 1984). It would appear, then, that the conclusions drawn from data in the literature regarding the extreme vulnerability to pollution of *Posidonia oceanica*, have been hastily drawn. The degree of vulnerability has never been proved experimentally for the content levels actually found in the field (Monnier-Besombes, 1983; Augier *et al.*, 1984b; Libes, 1986, Augier *et al.*, 1987), are perhaps a little hasty. The recession of *Posidonia oceanica* meadows, which has indeed been observed in the vicinity of sources of pollution (Bourcier, 1976; Pergent *et al.*, 1988), might be related to more indirect consequences of pollution or to the effects of synergy between various possible pollution types.

It should nonetheless be pointed out that the Banyuls-sur-Mer harbour constitutes a special case; these remarks should not be taken to apply to harbour environments in general, since they concern an area where the harbour happens to modify certain local conditions which are harmful to the seagrass meadow.

BIBLIOGRAPHIE

- ARDIZZONE G.D. & P. PELUSI, 1983. Regression of a Thyrrenian *Posidonia oceanica* prairie. *Rapp. P.V.*
- Réun.-Commiss. internation. Explor. sci. Médit. 28 (3) : 175-177.
- AUGIER H., 1981. Etude et cartographie des peuplements benthiques de l'île de Porquerolles (Méditerranée, France). II. L'anse de Port-Fay et la calanque de la Grotte. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 7 : 103-117 + 1 carte h.t.
- AUGIER H. & C.F. BOUDOURESQUE, 1970. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc national). V - La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille* 30 : 145-164.
- AUGIER H. & C.F. BOUDOURESQUE, 1972. Pollution et protection de la mer. *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon* 24 : 111-119.
- AUGIER H., C.F. BOUDOURESQUE, J.G. HARMELIN, J. LABOREL & P. TAILLIEZ, 1976. Rapport scientifique concernant l'état de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les eaux du Parc National de Port-Cros et les possibilités d'aménagements maritimes. Doc. ronéotypé, Parc National de Port-Cros, Hyères : 11 p.
- AUGIER H., Y. GIGLIO & G., RAMONDA, 1987. Peintures anti-fouling et herbier à *Posidonia oceanica*. G.I.S. Posidonie, Fac. Sci. Luminy, Marseille : 1-94.
- AUGIER H., G. GILLES & G. RAMONDA, 1984a. L'herbier de *Posidonia oceanica* et la pollution par le mercure sur le littoral des Bouches-du-Rhône et du Var (France). International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. eds., GIS Posidonie publ., 1 : 399-406.
- AUGIER H., G. MONNIER-BESOMBES & G. SIGOILLOT, 1984b. Influence des détergents sur *Posidonia oceanica* (L.) Delile. International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. eds., GIS Posidonie publ., 1 : 407-418.
- AUGIER H., G. MONNIER-BESOMBES & J.C. SIGOILLIOT, 1987. Etude préliminaire sur l'influence des borates constitutifs des détergents sur la phanérogame marine *Posidonia oceanica* Delile. *Rev. intl. Océanogr. méd.* 86/87 : 75-81
- BEN-ALAYA, 1972. Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêches Salambô* 2 : 331-416.
- BLANC J.J. & A. JEUDY DE GRISSAC, 1978. Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral, de la Provence. Centre nation. Exploit. Océans édit. : 1-185.
- BOUDOURESQUE C.F. & A. JEUDY DE GRISSAC, 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* : les interactions entre la plante et le sédiment. *J. Rech. océanogr.* 8 : 99-122.
- BOUDOURESQUE C.F., A. JEUDY DE GRISSAC & A. MEINESZ, 1984. Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. eds., GIS Posidonie publ., 1 : 185-191.

- BOUDOURESQUE C.F. & A. MEINESZ, 1982. Découverte de l'herbier de Posidonies. *Cahier Parc nation. Port-Cros* 4 : 1-79.
- BOURCIER M., 1976. Economie benthique d'une baie méditerranéenne largement ouverte et des régions voisines, en fonction des influences naturelles et humaines. Thèse Doct. Etat Sci. nat., Univ. Aix-Marseille II : 1-161 + 1-50.
- CHABERT D., N. VICENTE & W. HUANG, 1984. Pollution par les composés organochlorés dans les rades du Parc National marin de Port-Cros. II. - Contrôle pluriannuel. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 10 : 51-67.
- CHAMLEY H., 1987. Sédimentologie. Dunod édit., ix : 1-175.
- CRISTIANI G., 1979. Espèces indicatrices de pollution littorale par les métaux lourds au débouché d'un émissaire urbain. *Vie marine* 1 : 38-51.
- 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 doct. 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille III : 1-159 + 1 carte h.t.
- EUGENE C., 1978. Etude de l'épifaune de *Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral français. Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille II : 1-117.
- GHIRARDELLI E., G. GIACCONE & G. OREL, 1974. Evolution des peuplements benthiques du Golfe de Trieste. *Rev. internation. Oceanogr. méd.* 35-36 : 111-114.
- GIACCONE G., 1975 : Effetti dello smaltimento delle acque residue del comune di Sanremo sulle associazioni vegetali marine. Comune di Sanremo édit. : 1-27.
- GIACCONE G. & C. CALVO, 1980. Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile. Risultati preliminari. *Mem. Biol. mar. Oceanogr. Suppl.* 10 : 207-211.
- LIBES M., 1986. Etude de la toxicité à court terme d'un détergent anionique sur l'assimilation photosynthétique de *Posidonia oceanica* (Phanérogame marine) et de ses épiphytes. Contrat G.I.S. Posidonie / Parc nation. Port-Cros, N°83017-83400PC : 1-49.
- MEINESZ A., C.F. BOUDOURESQUE, C. FALCONETTI, J.M. ASTIER, D. BAY, J.J. BLANC, M. BOURCIER, F. CINELLI, S. CIRIK, G. CRISTIANI, I. DI GERONIMO, G. GIACCONE, J.C. HARMELIN, L. LAUBIER, A.Z. LOVRIC, R. MOLINIER, J. SOYER & C. VAMVAKAS, 1983. Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. océanogr.* N.S. 59 (2) : 155-172.
- MEINESZ A., M. CUVELIER & R. LAURENT, 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu* 31 : 27-34.
- MEINESZ A. & R. LAURENT, 1980 : Cartes de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France). Campagne Poséidon 1976. *Ann. Inst. océanogr.* Paris, N.S. 56 : 45-54.
- MOLINIER R. & J. PICARD, 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. océanogr.*, N.S. 27 : 157-234.
- MONNIER-BESOMBES G., 1983. Etude de la contamination de la Posidonie (*Posidonia oceanica* L. Delile) et de son milieu par des composants de détergents synthétiques. Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille II : 1-162.
- PERES J.M. & J. PICARD, 1975 : Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume* 31 : 1-137.
- PERES J.M., 1984. La régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. eds., GIS Posidonie publ., 1 : 445-454.
- PERGENT G., 1987. Recherches Lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonacea). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse doct. Océanographie, Univ. Aix-Marseille II : 1-853.
- PERGENT G., C.F. BOUDOURESQUE & B. VADIER, 1985. Etude préliminaire des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la côte des Albères (Pyrenées-Orientales, France). *Ann. Inst. océanogr.*, N.S. 61 : 97-114.
- PERGENT G., C. PERGENT & P. FRANCOUR, 1988. Cortiou état zéro : reconnaissance des herbiers. Mise en place des balisages. D.E.T.S.E. et GIS Posidonie, Marseille : 1-107.
- PRUVOT G., 1894. Essai sur la topographie et la constitution des fonds sous-marins de la région de Banyuls-sur-Mer, de la plaine du Roussillon au golfe de Rosas. *Arch. Zool. exp. gén.* 3 : 599-672.

Reçu le 23 avril 1990; received April 23, 1990

Accepté le 16 Août 1990; accepted August 16, 1990

WATER MASSES AND FLOW FEATURES IN THE NORTH EUBOIKOS GULF (EASTERN MEDITERRANEAN SEA) : AN INITIAL ASSESSMENT

E. TH. BALOPOULOS, E.J. PAPAGEORGIOU

National Centre for Marine Research, Helliniko, GR-166 04 Greece

MER EGÉE
GOLFE D'EUBOIKOS
MASSES D'EAU
COURANTS

RÉSUMÉ – Des données océanographiques physiques ont été mesurées en août et novembre 1983 dans le Nord du golfe Euboikos (Mer Egée occidentale, Grèce). L'analyse de la distribution de la température et de la salinité indiquait les caractéristiques suivantes : une couche d'eau mélangée en surface (s'étendant jusqu'à 20 m de profondeur en été et environ 50 m en automne); une thermocline; une couche intermédiaire d'une salinité minimale (à environ 50 m en été et 75 m en automne) et une couche profonde d'une salinité maximale (entre 75 m et le fond). La formation de la couche intermédiaire de salinité minimale est attribuée au mélange de la mer avec de l'eau douce fournie par des sources sous-marines. Les courants près de la surface ont une prédominance nord-est et une vitesse de 5-15 cm.sec⁻¹. Les courants, sous la surface et près du fond, sont en général très faibles (< 5 cm.sec⁻¹) et très variables.

AEGEAN SEA
EUBOIKOS GULF
WATER MASSES
CURRENTS

ABSTRACT – Physical oceanographic data were collected during August and November 1983, in the North Euboikos Gulf (Western Aegean, Greece). The analysis of temperature and salinity distributions indicated the following features : a surface mixed water layer (extending down to about 20 m in summer and around 50 m in autumn); a thermocline; an intermediate layer of minimum salinity (at about 50 m in summer and 75 m in autumn) and a deep maximum salinity water layer (between 75 m and the bottom). The formation of the intermediate layer of minimum salinity is attributed to mixing between the sea and freshwater supplied by underwater springs. Near-surface currents are predominantly towards the north-east at speeds of 5-15 cm.sec⁻¹. Subsurface and near-bed currents are, generally, very weak (< 5 cm.sec⁻¹) and highly variable.

INTRODUCTION

Several physical oceanographic investigations have been carried out, within the recent years, in the Aegean Sea (Wust, 1961; Ovchinnikov, 1965; Balopoulos, 1982, 1985a, 1985b, Robles *et al.* 1983; Wilding *et al.*, 1980; Sultan *et al.*, 1984; Sultan, 1981). However, the western region is virtually unexplored and the existing oceanographic information is limited to chemical and biological studies (Voutsinou and Varnavas, 1985; Satsmadjis and Voutsinou, 1984; Siokou *et al.*, 1974; Siokou *et al.*, 1982).

Physical oceanographic data (temperature/salinity measurements, Eulerian current measurements) were obtained, during August and November 1983, at selected stations in North Euboikos Gulf as part of a research programme designed to provide an adequate knowledge on the

environmental impact of the disposal of slag, from the « LARKO » iron-nickel alloy smelting plant, in the southern section of the embayment. This contribution is concerned with a description of the water masses and an interpretation of the variation in the vertical structure of the water column during summer and autumn. Moreover, current data from long-term Eulerian current observations, in the southern part of the North Euboikos Gulf, are examined and the variability in direction and speed of the measured residual flow is investigated.

AREA UNDER INVESTIGATION AND ITS REGIONAL SETTING

The North Euboikos Gulf is an elongated embayment (with total surface area of about

Stn Ref	Mooring Station Position		H (m)	z (m)	Deployment Period (1983)	Period of "Useful" Data (1983)
	Longitude (E)	Latitude (N)				
C1	023-23.55	38-35.90	81.0	70	22/08-26/09	22/08-26/09
				05		22/08-26/09
C2	023-26.50	38-36.50	90.0	79	22/08-26/09	22/08-04/09
				46		22/08-26/09
				05		22/08-26/09
C3	023-26.00	38-34.20	79.0	63	22/08-26/09	22/08-26/09
				05		22/08-26/09

KEY: H is the water depth
z is the elevation above sea-bed

Stn Ref	z	Residual Currents			Steadiness Factor "B" (%)	$\sigma\langle v \rangle$ (cm.s ⁻¹)	$\sigma\langle u \rangle$ (cm.s ⁻¹)	Record Length (days)
		Scalar Mean (cm.s ⁻¹)	Vector Mean Amplitude (cm.s ⁻¹)	Vector Mean Direction (°)				
C1	70	9.17	6.85	060	74.75	1.01	0.73	34
	05	1.84	0.54	127	29.47	0.25	0.20	34
C2	79	11.42	10.59	063	92.71	1.18	1.09	14
	46	1.81	0.67	082	37.29	0.19	0.27	34
	05	1.83	0.75	106	41.20	0.28	0.19	33
C3	63	5.52	3.78	018	68.39	0.73	0.62	34
	05	1.59	0.46	028	28.80	0.19	0.20	34

KEY: z is the elevation above sea-bed, in metres
 $\sigma\langle v \rangle$ is the standard error of N-S component of residual flow
 $\sigma\langle u \rangle$ is the standard error of E-W component of residual flow
For Station location and period of observations see Table I.

Tabl. I. - Current meter information. Summary of measured residual currents in North Euboikos Gulf and their variability in direction and speed (using Doodson's Xo Filter).

390 km²), in the western Aegean region of the Eastern Mediterranean Sea. To the east it is bounded by the coast of the Island Euboea and to the west by the coastline of the Greek mainland. To the south, the North Euboikos Gulf is joined with the South Euboikos Gulf by the Euripus Channel (sill depth 8 m; with 40 m; length 60 m),

while to the north it is connected with Maliakos Gulf and through the Oreos Channel with the Aegean Sea (Fig. 1).

In general, water depths in the area are relatively small (< 10 m) The bathymetric contours lie essentially parallel to the coastline and bathymetrically, the study area may be considered as

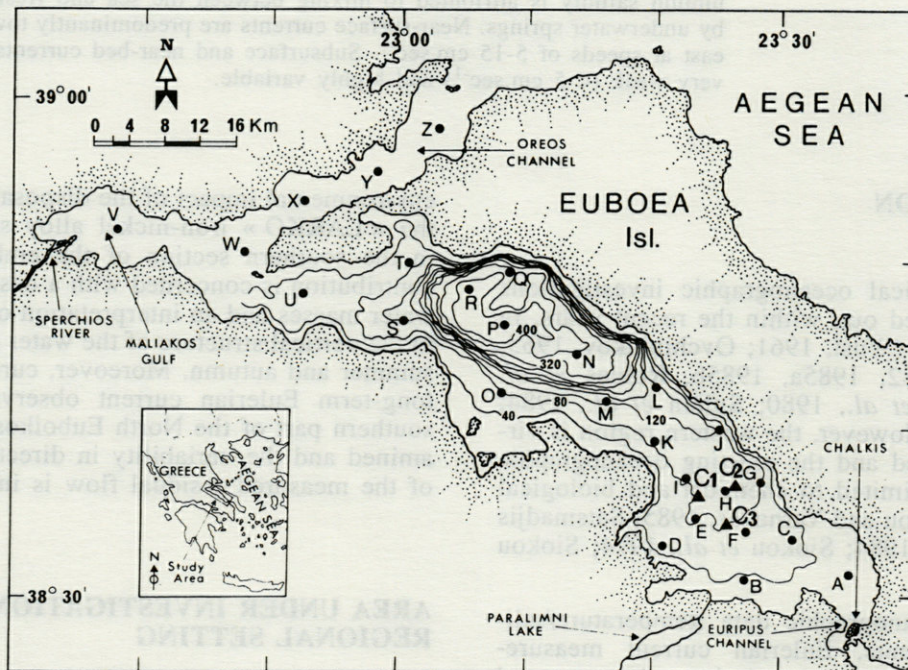


Fig. 1. - The study area, showing its generalized bathymetry (depth contours in m, from Chronis *et al.*, 1985), the location of the oceanographic sampling stations (•), the current meter stations (▲) and places referred to in the text.

consisting of two well-defined zones; that is a gradually sloping environment in the west and a rather abrupt depression in the east. The eastern depression is parallel to the main axis of the embayment with its deepest parts observed to the northeast, where the maximum depth reaches about 420 m.

The climate over the area is a typical humid north Mediterranean climate, with relatively mild winters; low temperatures are exceptional and rainfall moderate. Predominant sources of freshwater are rainfall and the River Sperchios (catchment area 1,158 km², mean annual discharge 82 m³.sec⁻¹), which discharges to the northwest, into Maliakos Gulf (Therianos, 1974). The area has an average rainfall of 700-800 mm.yr⁻¹. Much of the rain is received during the colder winter months. During summer (i.e., June to September), the rainfall is only 10-15 % of the annual rainfall. Moreover, continuous sources of freshwater input are underwater springs, which are found along both

the western and eastern coastlines (Scollos and Dassenakis, 1983; Friligos, 1985). These springs might contribute relatively important quantities of water discharge in the sea. In addition, 32 x 10⁷ m³ of freshwater, originating from the Lake Paralimni, is annually discharged into the southern section of the study area. Of this, 12 x 10⁷ m³ of freshwater outflows during winter through a small channel (Anthedonos Channel), connecting the Lake Paralimni with the embayment; the remaining 2 x 10⁸ m³ of freshwater is discharged through underwater springs (Trikkalinos, 1949)

The Euripus Channel is characterized by a tidal current (a unique phenomenon in the Mediterranean), which reverses its course every 6 hours in a 24 hour period; the speed of this current (up to 12 km.h⁻¹), decreases rapidly away from the channel (Defant, 1961; Variagin, 1972). Tidal ranges for the M2 tidal constituent, in the North Euboikos Gulf, reach 20 cm, twice more than the average Aegean ones (Livieratos, 1978).

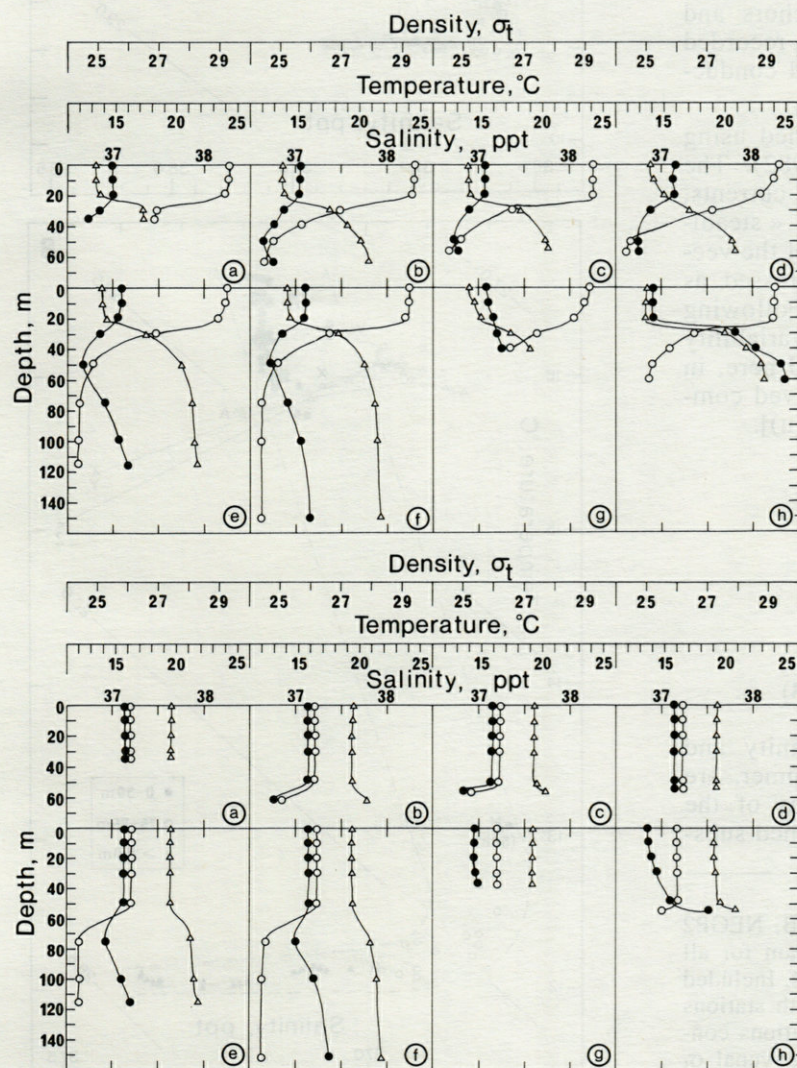


Fig. 2. - Above, NEGPI Cruise (August 1983); Below, NEGPI2 Cruise (November 1983). Vertical profiles of temperature (\circ , $^{\circ}\text{C}$), salinity (\bullet , ppt) and density (δ , σ_t) at selected stations. (a) Station B, (b) Station D, (c) Station O, (d) Station T, (e) Station J, (f) Station L, (g) Station W and (h) Station Z. For location of stations, see Fig. 1.

METHODS

Water temperatures at individual depths were measured by reversing thermometers (Kurt-Gohla type; -2 to 30°C), attached to 1.35 l N.I.O. bottles; the water temperatures are considered accurate to $\pm 0.20^{\circ}\text{C}$. Water samples were drawn from the N.I.O. bottles into glass bottles for salinity analyses, made post-cruise on a Tsurumi-Seiki salinometer; this was standardized against Copenhagen water. Salinity values are deemed accurate to ± 0.01 . The dissolved oxygen was determined on board ship by the method of Winkler (1888) as modified by Carrit and Carpenter (1966).

Currents were measured at 3 Stations (C1, C2 and C3, Fig. 1 and Table I) during summer 1983, in the near-surface (at 11 m below the sea surface) and bottom layers (at 5 m above the sea-bed). At Station C2, currents were also measured in the subsurface layer (at 46 m above the seabed). Self-recording current meters (Aanderaa RCM4) were used in all cases; these were deployed using an L-shaped mooring array, with two anchors and subsurface buoyancy. The instruments recorded current speed, direction, temperature and conductivity and 10 min intervals.

Eulerian residual currents were obtained using the Doodson Xo filter (Balopoulos, 1982). The variability in direction of the residual currents, with time, is examined in terms of the « steadiness » factor « B » (defined as the ratio of the vector mean to scalar mean currents, expressed as percentage) (Ramster *et al.*, 1978). Following Heathershaw and Hammond (1979), the variability in the speed of residual flow is assessed here, in terms of the standard errors of the resolved components [north-south (v) and east-west (u)].

RESULTS AND DISCUSSION

A. Water Masses

a. Summer Season (23-25 August 1983)

Vertical profiles of temperature, salinity and density, at selected stations, during summer, are presented in Fig. 2. The upper portions of the water columns, in August, had been warmed sub-

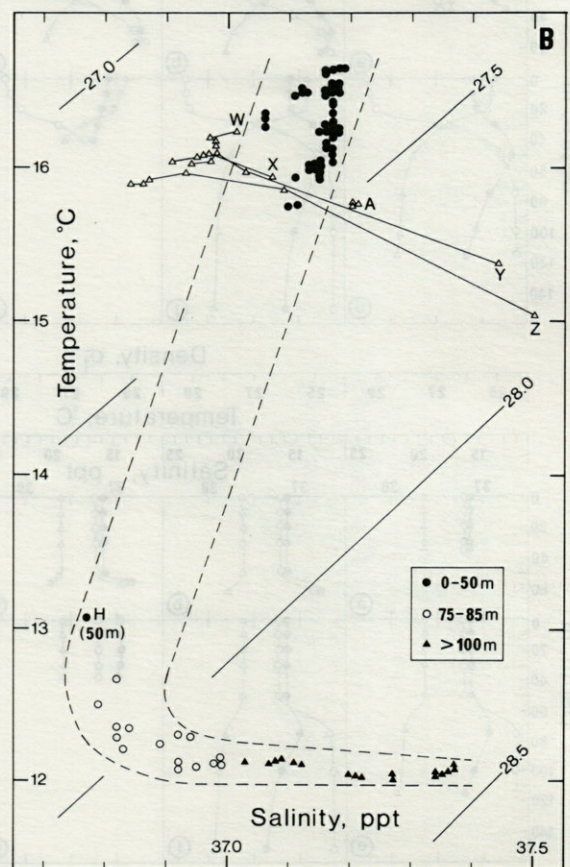
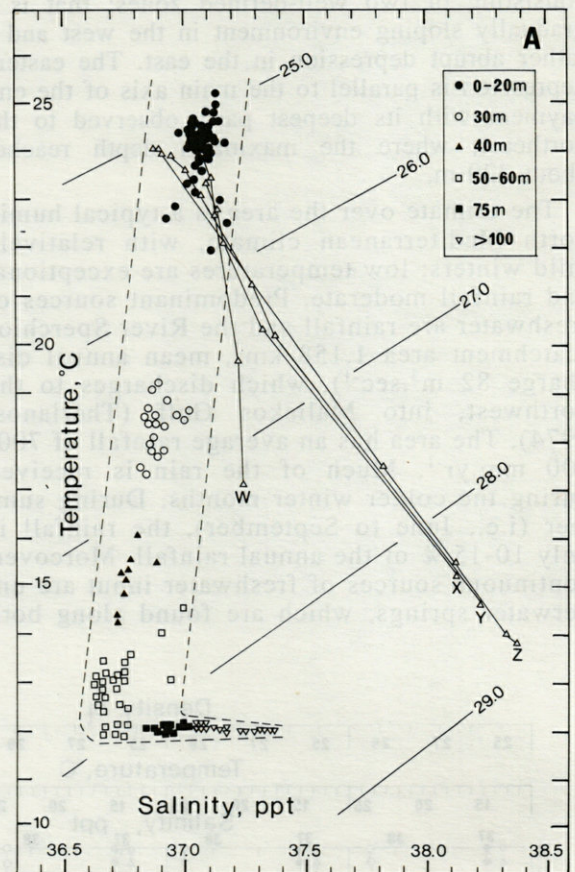


Fig. 3. — A, NEGPI Cruise (August 1983), B, NEGPI Cruise (November 1983). Average T-S diagram for all observations taken in the North Euboikos Gulf. Included are observations from the Oreos Channel with stations arranged by deepest observations and T-S stations connecting observations sequentially upward. Isopycnal σ_t lines are also shown on the Figure.

tentially (24.5°C), reflecting the vigorous warming obtained at the height of summer.

Vertically, the various waters in the North Euboikos Gulf, exhibited closely similar characteristics. The surface layer was warmer, saltier and lighter [Figs. 2(a)-2 (f)] in comparison with the immediately underlying water layers; its thickness varied at the different sea zones of the Bay. On average, it extended down to 20 m and had a temperature range of 24.0-25.0°C and salinity of 37.0-37.1. In this layer vertical variations of temperature, salinity and density were usually small. Frequently (e.g., at Stations A, B, C, F, K, H, E, P, M, O, N, L), the surface water layer down to 20 m was almost homogeneous with temperatures, salinities and densities varying vertically by less than 0.5°C, 0.03 and 0.1 σ_t , respectively. Sub-surface, coincident with a strong pycnocline, the temperature fell sharply with depth down to almost 10°C lower, and the salinity decreased gradually to reach values of around 0.4 lower, at a depth of around 50 m. At the deeper stations (50 m) the salinity increased gradually with increasing depth and the temperature decreased only slightly. The lower portion of the water column (from 75 m depth to the seabed) was characterized by a fairly homogeneous bottom layer of relatively higher salinity (37.1-37.4) and low temperature (12.0-13.0°C).

In the western section of the Oreos Channel, the surface layer salinity was similar to that of the North Euboikos Gulf [37.1 at Station W; Fig. 2 (g)]. Upper layer salinity in the Oreos Channel, decreased towards the open waters (eastward) of the Aegean Sea [36.8 at Station Z; Fig. 2 (h)]. The early study of Nielsen (1912) concerning the water exchange between the Aegean Sea and the Black Sea shows that the surface brackish water of the Black Sea, which is carried out through the Bosphorus and the Dardanelles, spreads mainly on the western coast of the Aegean. Observations carried out recently in the Aegean Sea are in agreement with Nielsen (for instance, see, Roufogalis, 1971; Artuz, 1970; Sultan, 1981). In addition, the study of surface currents in the northwestern Aegean Sea (Balopoulos and James, 1984), has indicated that low surface salinity waters from the river discharge area of Thermaikos Gulf (to the north) spread along the western coast of the Aegean. Therefore, in the easternmost part of the Oreos Channel, it is likely that water of low surface salinity will be found, this being due to the spreading of brackish water from the aforementioned sources, along the western coast of the Aegean Sea. Below the upper mixed water layer of the Oreos Channel, the salinity increased with increasing depth. In the bottom layer, here, the waters were relatively warmer (13.8-15.2°C) than the deep waters of the North Euboikos Gulf and of comparatively higher salinity (38.4) (Fig. 3).

Vertical distribution of salinity, temperature and dissolved oxygen along a central section of the North Euboikos Gulf, during summer, is exhibited in Fig. 4. In the southern region of the embayment, the subsurface isohaline configuration appears in the form of tongues of progressively increasing salinity waters towards the northwest. Subsurface temperatures and dissolved oxygens show a similar distribution pattern. This might suggest a northward subsurface residual flow of low salinity/low temperature and high dissolved oxygen waters.

Seasonal salinity observations carried out in the South Euboikos Gulf (from 1978 to 1982) by other investigators (Kaloumenos and Morou, 1984; see also Siokou-Frangou *et al.*, 1984), have indicated that, throughout the year, water salinity here, re-

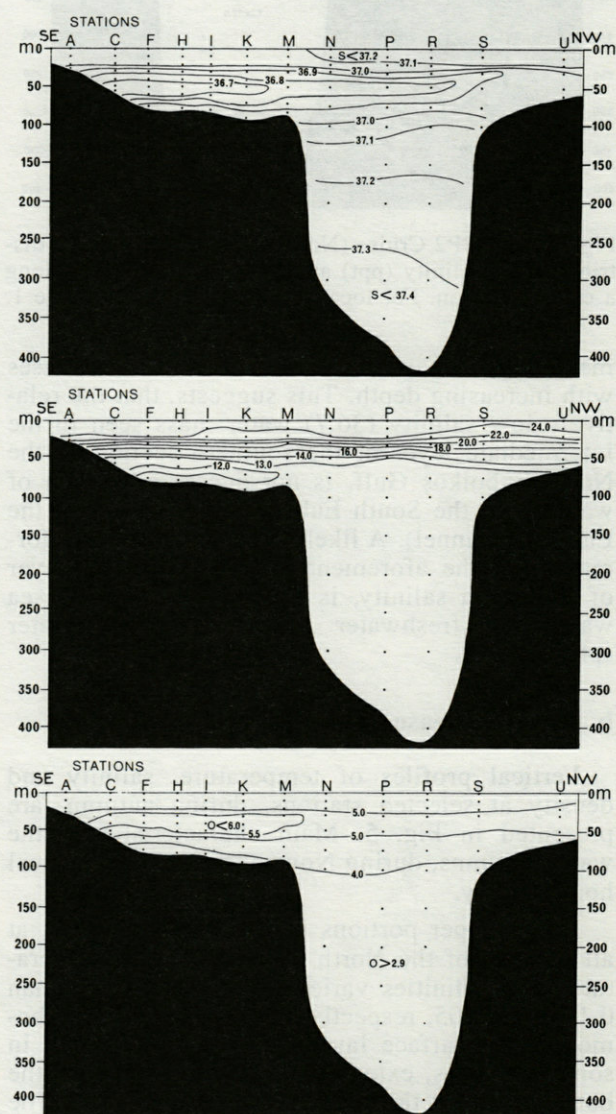


Fig. 4. - NEGPI Cruise (August, 1983): Vertical distribution of salinity (ppt), temperature (°C) and dissolved oxygen (ml/l) along a central section. For location of stations, see Figure 1.

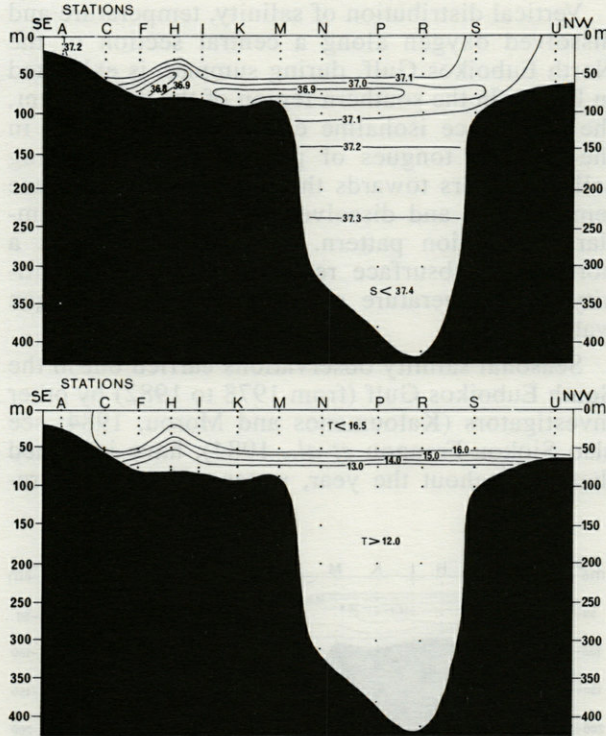


Fig. 5. – NEGP2 Cruise (November 1983) : Vertical distribution of salinity (ppt) and temperature (o, °C) along a central section. For location of stations, see Figure 1.

mains higher than 37.5 and, in general, it increases with increasing depth. This suggests, that the relatively low salinity (36.7) water mass seen in the intermediate layer of the southern section of the North Euβοικος Gulf, is not due to advection of water from the South Euβοικος Gulf (through the Euripus Channel). A likely mechanism for the formation of the aforementioned intermediate layer of minimum salinity, is mixing between the sea water and freshwater supplied by underwater springs.

b. Autumn Season (22-25 November 1983)

Vertical profiles of temperature, salinity and density at selected stations, during autumn, are presented in Fig. 5. Main characteristic of the water columns, during November, was the vertical homogeneity.

In the upper portions of the water columns, at all stations of the North Euβοικος Gulf, temperatures and salinities varied vertically by less than 0.1°C and 0.05, respectively. The depth of the homogeneous surface layer exceeded 50 m and, in some instances, extended down to 60 m or to the bottom, where the stations were shallower. The upper parts of the water columns were thus essentially isopycnal (Fig. 5 and 6), indicating that vertical convection was actively in progress. In general, the upper mixed water layer was characterized by temperatures of around 16.0-16.5°C and

salinities 37.1-37.2. In this layer, relatively higher temperatures (16.5°C) were observed in the northern part of the embayment (Stations T, U, S, P, R, Q); in the southern section of the study area upper layer water temperatures remained slightly lower (15.7-16.0°C). Below the surface mixed layer, the density increased with increasing depth; conversely, the temperature and salinity decreased with depth to reach values of around 3.5-4.0°C and 0.3-0.4 lower, respectively, at a depth of approximately 75 m. At the deeper stations (100 m) the deep layer could be recognized as a homogeneous water mass located beneath the halocline and thermocline, with temperatures and salinities around to 12.0-12.1°C and 37.2-37.4 respectively.

In the surface layer of the Oreos Channel, water salinities remained lower (by 0.2-0.3) than those in the upper layer of the North Euβοικος Gulf and (as during August) decreased towards the open waters (eastward) of the Aegean Sea [Figs. 5 (g), 5 (h) and 6]. Generally, beneath the upper mixed layer of the Oreos Channel, the water salinity increased gradually with increasing depth. In the bottom layer, here, the waters were warmer (15.0-16.0°C) than the deep waters of the North Euβοικος Gulf. The bottom waters of the easternmost region (Stations Y and Z) in addition, were characterized by comparatively higher salinity values (37.4-37.5; Fig. 6).

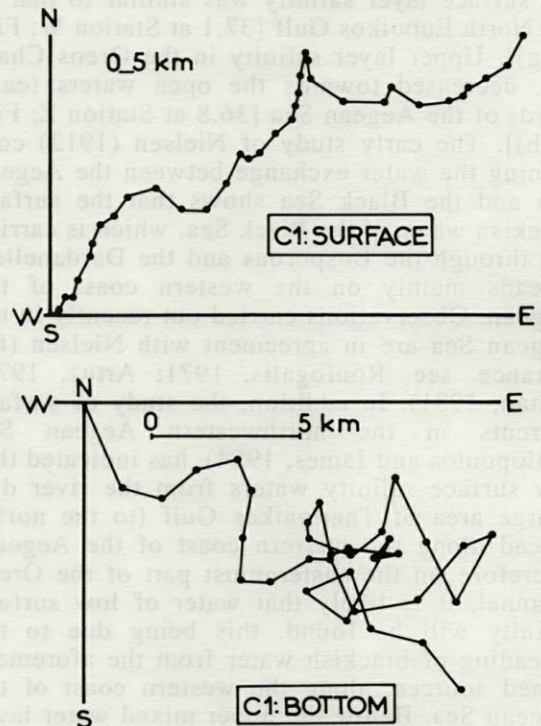


Fig. 6. – Progressive vector diagrams (P.V.D.) for residual water movements in the North Euβοικος Gulf, at Station C1 (near-surface, between 22/08/83 and 26/09/83; near-bed, between 22/08/83 and 26/09/83).

Vertical distributions of salinity and temperature along a central section of the North Euboikos Gulf, during autumn, are shown in Fig. 7. In the southern part of the embayment (particularly in the region of Station H) the isolines of equal salinity and temperature slope upwards, suggesting a surfaceward movement of the features. Further north, comparatively low salinity waters spread north-westerly, appearing as tongues of progressively increasing salinity waters towards the northwest. The overall distribution pattern of salinity and temperature, supports the view, that the southern region of the North Euboikos Gulf is influenced by freshwater supplied by underwater springs.

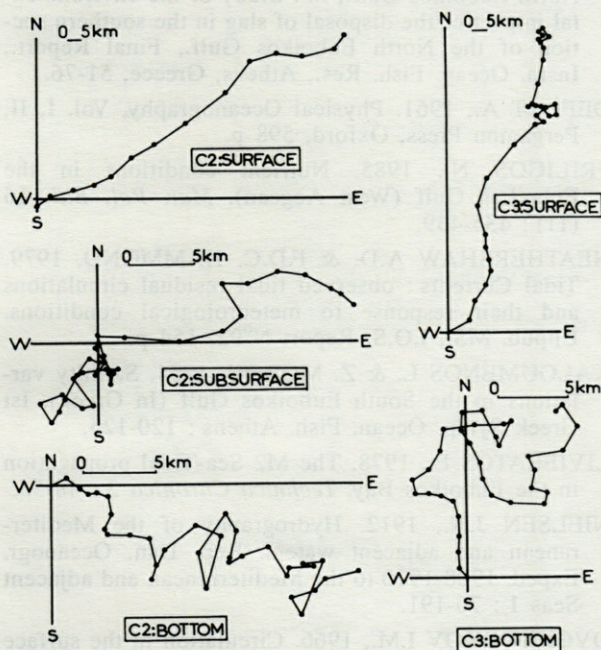


Fig. 7. - Progressive vector diagrams (P.V.D.) for residual water movements in the North Euboikos Gulf, at Station C2 (near-surface, between 22/08/83 and 04/09/83; subsurface, between 22/08/83 and 26/09/83; and near-bed, between 22/08/83 and 26/09/83) and Station C3 (near-surface, between 22/08/83 and 26/09/83; near bed, between 22/08/83 and 26/09/83).

B. Currents

Current measurements were obtained, in summer (Table I), in order to understand the water circulation in the area of the slag disposal. Knowledge of currents in this area may help to interpret the distribution of bottom sediment and the exchange of suspended sediment between coastal waters of the Bay.

Current speeds were generally small. In the surface layer, current speeds of 5-15 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$ presented the highest frequency of occurrence. The maximum current speed recorded in this layer was approximately 32 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$. In the subsurface and

bottom layers current speeds were much smaller and in general remained less than 5 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$. For all the current meter data records, the minimum current speed was 1.5 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$. This is the minimum current speed, which can be measured, using Aanderaa (Model RCM4) current meters (Aanderaa, 1979). Actually, the minimum current speeds, for the various current data records, were in the range 0.0-1.5 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$.

In the surface layer, the prevailing current direction was towards the northeast. The direction of flow in the bottom layer of Stations C1 and C2 was predominantly towards the southeast. In the bottom layer of Station C3, dominated north-easterly flows.

The magnitudes and directions of the measured Eulerian residuals are summarized in Table II. Values for the « steadiness » factor « B » and the standard errors of the resolved components of the residual currents are also included in Table II. In the surface layer residual currents ranged from 4 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$ to 11 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$. Upper layer residual flow, at all stations, was towards the northeast. The sub-surface residual current was in the same direction (northeastwards) but much smaller in magnitude (at less than 1 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$). Near-bed residual currents at Stations C1 and C3 were towards the southeast at around 1 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$. At Station C2 residual flow was towards the northeast at almost 1 $\text{cm}\cdot\text{sec}^{-1}$.

Progressive vector diagrams for all the current meter data records are presented in Fig. 8 et 9; they are all based upon daily residuals, obtained by applying the Xo filter. A reference mark is placed at 0.00 hours (GMT), on each day.

In the surface layer, there are only small changes in residual current direction. Residual flow is, in general, towards the northeast. Daily residual currents with a westward flow component are seen only at Station C3; they occur infrequently and for up to 5 days. Steadiness factors at Stations C1 and C3 range from 68 % to 75 %. Residual currents measured at the surface layer of Station C2, indicate the steady water flow towards the northeast, with a « steadiness » factor of about 93 %. This vector mean is taken over a shorter interval of time (14 days) than those at Stations C1 and C3 (34 days). It is possible, therefore, that currents representative of several long-term meteorological conditions are not included in the averaging process.

Residual currents in the subsurface and bottom layers show considerable changes in direction, with the « steadiness » factor ranging from 29 % to 41 %.

Standard errors of the residual currents ($\sigma \langle \bar{v} \rangle$ and $\sigma \langle u \rangle$) in the subsurface and bottom layers range from 28 % to 43 % of the mean speed, e.g., with high variability. In contrast, standard errors

for the residual currents are small (<19 % of the mean speed) in the surface layer.

CONCLUSIONS

Temperature and salinity distributions in the North Euboikos Gulf, during summer (August) and autumn (November), indicated the following features : a surface mixed water layer (extending down to about 20 m in summer and down to around 50 m in autumn), a thermocline, an intermediate, layer of minimum salinity (at about 50 m in summer and at 75 m in autumn) and a deep maximum salinity water layer (between 75 m and the bottom). The formation of the intermediate layer of minimum salinity is attributed to mixing between the sea and freshwater supplied by underwater springs. Due to onset heating the T-S diagram range between $25.0\sigma_t$ and $28.5\sigma_t$ in summer; it only occupy a small range of density from $27.5\sigma_t$ to $28.5\sigma_t$, in autumn.

Eulerian current measurements, during summer, demonstrated that near-surface currents are predominantly towards the northeast at speeds of 5-15 cm.sec⁻¹. Subsurface and near-bed currents are, generally, very weak (< 5 cm.sec⁻¹). The surface currents appear to be the response of the embayment waters to long-term meteorological conditions, with cycles of 5-7 days. Changes in current direction are particularly noticeable in the near-bed layer.

ACKNOWLEDGEMENTS - The research was supported by the Greek Ministry of Industry, Energy, Research and Technology. The authors gratefully acknowledge the assistance with fieldwork provided by Mr. E. Hatzigeorgiou and Mr. M. Nikolaou. They would also like to acknowledge Mrs. X. Mavri for drawing the Figures.

REFERENCES

- AANDERAA, 1979. Operating Manual for Recording Current Meter, Models 4 and 5. Aanderaa Instruments, Bergen, Norway, June.
- ARTUZ M.I., 1970. Some observations on the hydrography of the Turkish Aegean Waters during 4-25 September, 1963. *Hydrobiologi, Arastirmi Enstitüsü Yayınlaridan, Tomer, Fax 3-4 Series B.*
- BALOPOULOS E. TH., 1982. Circulation and Mixing in the Water Masses of the N.W. Aegean Sea (Noting Effects of Waste Disposal in Thermaikos Gulf), Ph. D. Thesis, Univ. Wales, 755 p.
- BALOPOULOS E. TH., 1985 a. An analysis of the coastal water masses in the northwestern Aegean Sea. *Thalassogr.* 8 : 7-17.
- BALOPOULOS E. TH., 1985 b. On hydrographic conditions in coastal waters of the northwestern Aegean Sea, *Thalassogr.* 8 : 83-92.
- BALOPOULOS E. TH. & A.E. JAMES, 1984. Surface currents in the N.W. Aegean Sea (Greece), as shown from the movement of driftcards. *7^e Jour. Etud. Pollut., Lucerne, CIESM, 129-139.*
- CARRIT D.E. & J.H. CARPENTER, 1966. Comparison and evaluation of current employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. A. NASCO Report. *J. Mar. Res.* 24 : 286-318.
- CHRONIS G., S. STAVRAKAKIS, CR. ANAGNOSTOU, H. BARBETSEA, CR. TZIAVOS & A. KARAGEORGIS, 1985. Recent sedimentation in the North Euboikos Gulf., *In : Study of the environmental impact of the disposal of slag in the southern section of the North Euboikos Gulf., Final Report., Instn. Ocean. Fish. Res., Athens, Greece, 51-76.*
- DEFANT A., 1961. *Physical Oceanography, Vol. I, II, Pergamon Press, Oxford, 598 p.*
- FRILIGOS N., 1985. Nutrient conditions in the Euboikos Gulf (West Aegean). *Mar. Pol. Bul.* 16 (11) : 435-439.
- HEATHERSHAW A.D. & F.D.C. HAMMOND, 1979. Tidal Currents : observed tidal residual circulations and their response to meteorological conditions. Unpub. MS., I.O.S. Report N^o92, 154 p.
- KALOUMENOS L. & Z. MOROU, 1984. Salinity variations in the South Euboikos Gulf (In Greek). *Ist Greek Symp. Ocean. Fish. Athens : 120-125.*
- LIVIERATOS E., 1978. The M2 Sea-Tidal propagation in the Euboikos Bay, *Technica Chronica* 3 : 48-55.
- NIELSEN J.N., 1912. Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. *Rep. Dan. Oceanogr. Exped. 1908-1910 to the Mediterranean and adjacent Seas* 1 : 76-191.
- OVCHINNIKOV I.M., 1966. Circulation in the surface and intermediate layers of the Mediterranean. *Oceanology* 6 (1) : 48-59.
- RAMSTER J.W., D.G. HUGHES & G.K. FURNESS, 1978. A « steadiness » factor estimating the variability of residual drift in current meter records. *Deutch. Hydrogr. Zeits.* 31 : 230-236.
- ROBLES F.L.E., M.B. COLLINS & G. FERENTINOS, 1983. Water masses in Thermaikos Gulf, northwestern Aegean Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 16 : 363-378.
- ROUFOGALIS B.S., 1971. Oceanographic study of North Aegean., Hellenic Hydrographic Service, Ocean. Study N^o1.
- SATSMADJIS J. & F. VOUTSINO, 1985. Pattern of Trace Elements in Sediments of a Greek Tidal Channel. *Mar. Pol. Bul.* 15 (3) : 117-118.
- SCOULOS M. & M. DASSENAKIS, 1983. Trace metals in a tidal Mediterranean embayment. *Mar. Pol. Bul.* 14 (1) : 24-29.
- SIKOU J., O. GOTSIS, P. PANAYOTIDIS & E. PAPATHANASSIOU, 1982. Relations entre certains groupes planctoniques dans la partie sud du golfe Evoikos. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28 (9) : 209-211.

- SIOKOU-FRANGO J., P. PANAYIOTIDIS & E. PAPATHANASSIOU, 1984. Zooplankton composition of South Euboikos (Aegean Sea, Greece), during February and July, 1982. *Thalassogr.* 7: 27-38.
- SULTAN S.A.R., 1981. Oceanographic studies of the Aegean Sea (Water Masses and Circulation), Ph. D. Thesis, Univ. Wales, 222 p.
- SULTAN S.A.R., A.E. JAMES & M.B. COLLINS, 1984. Processes influencing the mixed layer depth in the N.W. Aegean Sea. *Thalassographica* 7: 5-18.
- THERIANOS A.D., 1974. The geographical distribution of river water supply in Greece (In Greek). *Bull. Geol. Soc. Greece* 11: 28-58.
- TRIKKALINOS J.K., 1949. Bemerkungen über hydrogeologischen verhältnisse der seen Hyliki und Paralimni (Griecheland-Provinz Theben), *Ann. geol. pays Hellen.* 1 (2): 128-154.
- VARIAGIN M., 1972. Tides and tidal data from Greek harbors (In Greek), *Hellen. Hydrogr. Serv. Rep.* 9, 117 p.
- VOUTSINOU-TALIADOURI F. & S.P. VARNAVAS, 1985. Distribution of Cr, Zn, Cu, Pb and C organ. In the surface sediments of Northern Euboikos Bay, Greece. 5 th Intern. Confer. Heavy Metals in the Environment: 356-358, Athens, Greece.
- WILDING A., M.B. COLLINS & G. FERENTINOS, 1980. Analyses of sea level fluctuations in Thermaikos Gulf and Salonica Bay, northwestern Aegean Sea. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 10: 325-334.
- WINKLER L.W., 1988. Die Bestimmung des im Wasser gelosten sauerstoffes. *Chem. Ber.* 21: 2843-2855.
- WUST G., 1961. On the vertical circulation of the Mediterranean Sea., *J. Geophys. Res.* 66 (10): 3261-3271.

Reçu le 17 novembre 1988; received November 17, 1988
Accepté le 11 mai 1989; accepted May 11, 1989

COMMUNAUTÉS D'OLIGOCHÈTES LUMBRICIDAE ET D'ARTHROPODES RIPICOLES DES INTERFACES AIR - EAU - SOL DE LA RETENUE DE CASTILLON (Haut Verdon, Alpes de Haute-Provence)

*Riparian Oligochaeta and Arthropoda communities inhabiting
air - water - soil interfaces of the Castillon Reservoir
(upper Verdon, Alpes de Haute-Provence)*

A. GALLISSIAN ⁽¹⁾, L. BIGOT ⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratoire d'Hydrobiologie, Université d'Aix-Marseille I,
Place Victor Hugo, 13331 Marseille Cédex 3, France

⁽²⁾ Laboratoire de Biologie Animale, Université d'Aix-Marseille III, avenue Escadrille Normandie-Nièmen, 13397
Marseille Cédex 13, France

OLIGOCHÈTES RIPICOLES
ARTHROPODES RIPICOLES
RETENUE HYDRO-ÉLECTRIQUE
MARNAGE

RÉSUMÉ – Les auteurs étudient la composition et la structure de deux peuplements ripicoles, les Lombriciens et les Arthropodes épigés des bords de la retenue hydro-électrique de Castillon (Alpes de Haute-Provence). La dynamique de cette communauté est suivie dans l'espace et dans le temps en fonction de la situation de quatre stations d'étude, de la pente et des substrats colonisés selon le marnage. La faune ripicole répond à ce marnage par deux stratégies adaptatives : une pénétration en profondeur avec phase de repos (Oligochètes) ou bien un déplacement actif avec sélection qualitative et quantitative des populations selon la nature des substrats atteints par le plan d'eau (Arthropodes). Mais l'émersion de grandes surfaces en rapport avec le marnage important (jusqu'à 35 m) entraîne la disparition temporaire de la faune ripicole près du niveau minimum du plan d'eau.

RIPARIAN OLIGOCHAETA
RIPARIAN ARTHROPODA
RESERVOIR
LEVEL FLUCTUATIONS

ABSTRACT – The authors present the riparian communities of Lumbricids (8 species) and epigeous Arthropoda (55 species) of the Castillon Reservoir. Variations in their composition and structure are observed in space and time from four stations according to different abiotic factors with particular attention paid to the effects of changes in Reservoir's water. The response to a low water level by Oligochaeta is ability to become inactive in deeper soil while Arthropoda populations follow the water's level with qualitative and quantitative variations. But the provisional drying of large areas of the lake basin (level fluctuations up to 35 meters) get rid of the studied riparian fauna near the low water level.

INTRODUCTION

Dans une note précédente (Bigot et Gallissian, 1988), nous avons montré la composition et la structure des populations de Lombriciens et d'Arthropodes ripicoles de la retenue de Sainte-Croix-du-Verdon ainsi que leur évolution dans le temps et dans l'espace suivant l'étendue du marnage (étendue de sédiments déposés entre les niveaux des hautes et des basses eaux). Pour comprendre à ce niveau le fonctionnement du nouvel écosystème Verdon, suite à son aménagement énergétique, nous avons étendu l'étude précédente aux

autres barrages échelonnés sur la rivière et qui diffèrent entre eux par leurs composantes abiotiques (Grégoire, 1982). Nous exposons ici les résultats obtenus à la retenue de Castillon.

MILIEU D'ÉTUDE

La retenue de Castillon résulte de l'inondation du bassin de la Mure-Saint-André après la construction d'un barrage à l'entrée des gorges de Chaudanne. Ce réservoir, le plus élevé en altitude

(880 m) sur le cours du Verdon, a une fonction double : production d'énergie électrique et plan d'eau pour les loisirs. On observe à Castillon, comme à Sainte-Croix, un marnage saisonnier mais d'amplitude supérieure (marnage maximal : 35 m au lieu de 16 m) avec basses eaux en hiver et hautes eaux en été. Ces variations de niveau sont conditionnées par le fonctionnement en écluse de l'usine hydro-électrique et par les apports hydrauliques du bassin versant soumis à un régime nivo-pluvial. Les autres caractéristiques abiotiques ont été exposées par Grégoire (1982) puis par Champeau et coll. (1982).

Quatre stations ont été retenues sur le pourtour du lac (fig. 1) afin d'englober les différents faciès riverains. Cette liste présente des données numériques : longitude (LL) et latitude (L) en grades, pente (p) en %, pH, carbonates totaux (C) et matières organiques par calcination (MO) en %, ainsi qu'une description sommaire de la physionomie végétale et de la texture du sol.

Station 1 (Pl.I : 1,2) : Verdon, débouché dans le lac. LL = 4,63; L = 48,84; p = 2; pH = 7,9; C = 51; MO = 3,8. Ripisylve à *Populus alba*, *Populus nigra* et *Alnus incana* dégradée par les dé-

charges de la zone artisanale de Saint-André et par l'accumulation des matériaux déposés par le Verdon; présence de *Nasturtium officinale* en bordure de la rive-talus (Pl. I : 3). Le lit du cours d'eau est creusé dans des alluvions composées d'un mélange de cailloutis calcaires et de limons argileux (vase brune). Cette station voit sa physionomie constamment modifiée par les crues et par la formation de bras secondaires de la rivière (iscles).

Station 2 (Pl. I : 4, 5, 6) : Le Plan. LL = 4,64; L = 48,82; p = 2 à 5; pH = 7,9; C = 45,2; MO = 2,5. Herbage-friche devenu prairie riveraine sur sol argileux contenant des graviers et des cailloux calcaires. Ce substrat, dépourvu de végétation, devient progressivement vaseux lorsqu'on se rapproche du niveau minimal du lac.

Station 3 (Pl.I, 7,8) : Couenches. LL = 4,66; L = 48,77; p = 40; pH = 8; C = 27; MO = 5,9. Plage de cailloux calcaires roulés. Cette station en forte pente est située à l'extrémité d'un vallon occupé par une chênaie dégradée (*Querceto-buxetum*).

Station 4 (Pl. I : 9,10) : Le Cheiron. LL = 4,64; L = 48,75; p = 2 à 5; pH = 7,8; C = 42,4; MO = 23,8. En lisière d'une forêt clairsemée mixte alternant avec d'anciennes cultures envahies par des broussailles, pelouse d'arrière-plage à *Poa trivialis* et *Potentilla reptans* sous couvert de *Crataegus monogyna*. La descente de la zone marnée permet de rencontrer successivement des limons argilo-sableux, des graviers sur argile de décalcification puis les argiles limoneuses (vases noires) du fond de la retenue. Présence de litière et dépôts de déchets dus à la fréquentation touristique.

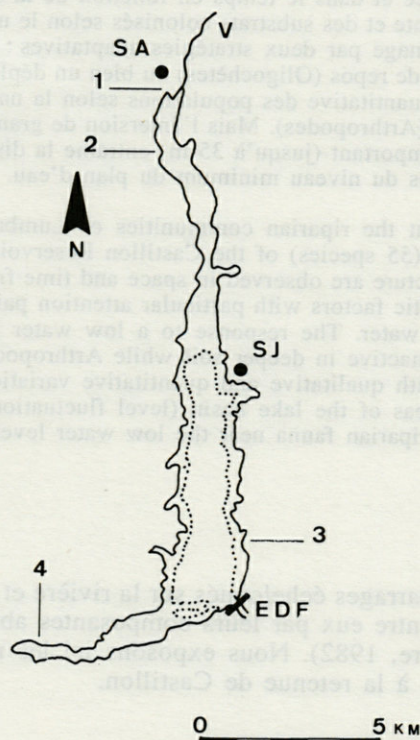


Fig. 1. — Retenue de Castillon : 1, 2... situation des secteurs d'étude; V, Verdon; SA, St-André; SJ, St-Julien; EDF, barrage et usine électrique;...., limite inférieure du marnage.

Contour maps of the Castillon Reservoir : 1, 2... location of sampling areas; V, Verdon, river; SA, St-André; SJ, St-Julien; EDF, Dam and hydro-electric plant;...., minimum water level.

MÉTHODES D'ÉTUDE

Les relevés écologiques font appel à une méthodologie semblable à celle utilisée au lac de barrage de Sainte-Croix-du-Verdon (Bigot et Gallissian, 1988). Pour l'extraction de la faune endogée, nous avons retenu ici le procédé éthophysique combinant un épandage de formol et un bêchage jusqu'à 20 cm de profondeur avec double tri manuel sur une surface de base de 1 m². Malgré ses limites (Bouché et Gardner, 1984), cette technique a permis la multiplication du nombre des prélèvements et la réalisation de relevés sur 1 m² tous les 5 m de distance, le long de transects (plus de 1 km de longueur) entre les niveaux des hautes et basses eaux (Pl. I : 5).

Six campagnes ont été effectuées entre octobre 1987 et novembre 1988 à l'exclusion de la période estivale (influence prévisible du piétinement dû à une forte concentration touristique : Liddle, 1975; Bigot et Poinot-Balaguer, 1978; Pearce, 1984). Le déroulement en est indiqué dans le tableau I

Tabl. I. — Caractéristiques des prélèvements.

Characteristics of the samples. I. Bench — marks (height from France datum line) at the dam; maximal authorized level : 880 m (from Electricity of France).

Relevés/dates	Cotes ¹	Hauteur du marnage	Maxima ¹ /dates	Minima ¹ /dates
A 12.10.87 13.10.87 14.10.87	878,61 878,68 878,33	1,2 m	879,79/18.07	863,42/23.03
B 21.03.88 22.03.88	864,87 865,18	14,5 m		
C 09.05.88 10.05.88	874,62 875,34	4,6 m		
D 22.05.88 23.05.88	877,19 877,19	2,3 m	879,54/23.07	
E 20.06.88 21.06.88	878,79 879,18	0,5 m		
F 21.11.88 22.11.88	876,23 875,96	3,4 m		

1. Cotes NGFA au barrage; cote maximale autorisée: 880 m (source E.D.F.)

qui mentionne parallèlement l'amplitude du marnage.

Les résultats bruts sont traités par le moyen du coefficient écologique d'abondance relative; la diversité est donnée par l'indice de Shannon. La vérification des résultats obtenus a été faite grâce à une analyse factorielle des correspondances.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Inventaire et répartition des espèces

1.1. Les Oligochètes Lumbricidae

1.1.1. Composition spécifique

Les 8 espèces rencontrées (Tabl. II) appartiennent aux 3 catégories écologiques créées par Bouché (1971 et 1977). Toutes sont des eubiotiques sténohumiques et neutrophiles, aptes à se développer dans des milieux moyennement organiques (Bouché, 1972). Parmi elles :

— *Eiseniella tetraedra*, espèce épigée, nettement amphibie est le seul ripicole de référence (Bouché, 1972).

— *Lumbricus castaneus*, épigé et hygrophile saisonnier n'est présent qu'en période de remplissage maximum du lac; l'épianécique *L. terrestris* pénètre en profondeur dès le début du marnage ce qui est en rapport avec son caractère d'hypohygrophile (Bouché et Beugnot, 1978).

— *Aporrectodea caliginosa*, sous-espèce endogée présente des caractères d'épigé et d'anécique. Cet hygrophile, très commun en Provence (Védovini, 1973), est capable de peupler les milieux de bords d'eau inondés pendant les crues et à sec en

Tabl. II. — Inventaire des Oligochètes et des Arthropodes ripicoles récoltés dans les stations d'étude des bords du lac de Castillon.

Inventory of riparian Lumbricids and Arthropoda species collected from the sampling stations along the edge of Castillon Reservoir.

Oligochètes Lumbricidae	<i>P. andreae</i> (F.)
<i>Allolobophora chlorotica chlorotica</i> (Sav.)	<i>Princidium punctulatum</i> (Drapiez)
<i>Aporrectodea caliginosa caliginosa</i> (Sav.)	<i>Phila obtusum</i> (Serville)
<i>A. caliginosa meridionalis</i> (Bouché)	<i>Synechostictus ruficornis</i> (Sturm)
<i>A. rosea rosea</i> (Savigny)	Harpalidae
<i>Eiseniella tetraedra tetraedra</i> (Savigny)	<i>Harpalus distinguendus</i> Duftschmidt
<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny)	Pterostichidae
<i>L. terrestris</i> L.	<i>Amara aenea</i> (De Geer)
<i>Octolasion lacteum</i> (Oerley)	<i>Agonum mulleri</i> Herbst
Myriapodes Diplopedes Ommatoiulidae	Callistidae
<i>Ommatoiulus sabulosus</i> (L.)	<i>Chlaenius vestitus</i> (Paykull)
Arachnides Opilions	Staphylinidae
Phalangidae	<i>Oxytelus sculpturatus</i> Gravenhorst
<i>Odielus spinosus</i> (Bosc)	<i>Stenus bipunctatus</i> Erichson
Arachnides Aranéides	<i>S. guttula</i> Müller
Erigonidae	<i>Paederus rubrothoracicus</i> Goeze
<i>Oedothorax fuscus</i> (Blackwall)	<i>Philonthus rufimanus</i> Erichson
Drassidae	<i>Neosbinius proxilus</i> (Erichson)
<i>Drassodes lapidosus</i> (Walckenaer)	<i>Atheta</i> sp
<i>Zelotes rubicudulus</i> (Simon)	Cantharididae
Lycosidae	<i>Cantharis obscura</i> L.
<i>Pardosa proxima</i> (C.L.Koch)	Anthicidae
<i>P. morosa</i> (C.L.Koch)	<i>Anthicus constrictus</i> Curtis
<i>Trochosa ruficola</i> (De Geer)	Elateridae
<i>Arctosa variana</i> C.L.Koch	<i>Zorochrus dermestoides</i> (Herbst)
<i>Lycosa albotasciata</i> (Brullé)	Cerambycidae
Insectes Dermaptères Forficulidae	<i>Dorcadion fuliginator</i> (L.)
<i>Forficula auriculata</i> L.	Curculionidae
Insectes Coléoptères	<i>Lixus trivittatus</i> Capiomont
Nebriidae	Insectes Hétéroptères
<i>Nebria psammodes</i> (Rossi)	Coreidae
Trechidae	<i>Coriomeris hirticornis</i> (F.)
<i>Emphanes latiplaga</i> (Chaudoir)	<i>C. denticulatus</i> (Scopoli)
<i>Trepanes articulatus</i> (Panzer)	Berytidae
<i>Peryphus conformis</i> (Dejean)	<i>Neides aduncus</i> Fieber
<i>P. fasciolatus</i> (Duftschmidt)	Saldidae
<i>P. coeruleus</i> (Serville)	<i>Saldula arenicola</i> (Scholtz)
<i>P. decorus</i> (Zenker)	<i>S. saltatoria</i> (L.)
<i>P. eques</i> (Sturm)	Insectes Hyménoptères Formicidae
<i>P. scapularis</i> (Dejean)	<i>Formica cinerea</i> Mayr
	<i>F. nigricans</i> (Emery)

dehors de ces périodes. Présence de spermatozoaires chez quelques rares individus (0,06 %).

— *Aporrectodea rosea*, espèce épiendogée et hygrophile est représentée à Castillon par un mélange d'individus appartenant aux formes *rosea* (58 %) et *diomedea* (42 %) mais sans intermédiaire comme au lac d'Allos (Védovini, 1971).

— *Aporrectodea meridionalis*, sous-espèce anécique et hygrophile, est fréquent dans le sud-est de la France. Également rencontré à Sainte-Croix (bas Verdon : Bigot et Gallissian, 1988), la répartition de ce Lombricien est ainsi complétée dans le nord-est de la France (vallée de la Durance : Bouché, 1972).

Nous n'avons pas rencontré de représentant des espèces *Dendrobaena octaedra* (Savigny) et *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* (Eisen) pourtant signalés par Védovini (1971) sur les bords du Verdon, en amont de Saint-André, dans la région d'Allos.

1.1.2. Répartition

L'inondation consécutive à la construction du barrage de Castillon a submergé des biotopes divers avec leur faune. Il résulte de nos relevés que :

— Excepté *A. rosea*, la présence de toutes les espèces dans la seule station 4 est en relation avec ses composantes abiotiques. Située en queue de retenue, à l'opposé du débouché du Verdon, cette station présente, sur faible pente, une juxtaposition de biochores variés tant au niveau des substrats qu'au niveau de la matière organique végétale vivante ou morte (Bouché, 1975). Elle héberge donc des espèces à large distribution appartenant aux différentes catégories écologiques (Bouché, 1971 et 1977).

Dans la station 1 où la variété des substrats est comparable, les peuplements réduits peuvent s'expliquer par les crues qui érodent les bords du Verdon (Bigot et Gautier, 1981; Bigot et Gallissian, 1988).

— L'absence presque totale de Lombriciens dans la station 3 doit avoir pour cause la pente accusée (Bouché, 1972) de la rive du lac à cet endroit (Pl. I : 7). Seul le ripicole *E. tetraedra* peut y persister.

— 2 espèces seulement sont communes aux stations 1, 2 et 4 : il s'agit de l'endogé *A. caliginosa* et de l'épianécique *L. terrestris*. Par leur faculté à explorer une partie du profil (*A.c.*) en y persistant éventuellement en léthargie (Michon, 1954; Bigot, 1963) ou leur aptitude à creuser en profondeur (*L.t.*) pour rester dans les horizons humides proches de la nappe phréatique (Grégoire, 1982), ces deux Lombriciens ont la répartition la plus étendue.

— La localisation du straminicole *L. castaneus* aux stations 1 et 4 relève d'une adaptation aux accumulations temporaires de matières organiques (facteur anthropique). La présence exclusive de l'épiendogé *A. rosea* à la station 2 s'explique par un preferendum de type prairie riveraine (Bouché, 1972; Védovini, 1973).

— La présence d'*E. tetraedra* le long des bras temporaires du Verdon (station 1, Pl. I : 3) ou le long des rives concaves (station 3 et 4, Pl. I : 8 et 10) soumises aux effets du courant de renouvellement des eaux (Grégoire, 1982) résulte d'un transport par l'eau comme cela a déjà été constaté chez cette espèce (Ward, 1976; Schwert et Dance, 1979).

Planche I. — 1, 5, 7, 9, stations 1, 2, 3, 4 en période de marnage; 2, 6, 8, 10, stations 1, 2, 3, 4 en période de remplissage maximum; 3, bras temporaire du Verdon (st. 1) bordé de faciès variés favorisant la diversité du peuplement Arthropodien; 4, piétinement de troupeau en transhumance (st. 2) déterminant une faible diversité de la population Lombricienne.

1, 5, 7, 9, loc. 1, 2, 3, 4 during the low water level; 2, 6, 8, 10, loc. 1, 2, 3, 4 during the high water level; 3, temporary flow of the Verdon river (loc. 1) with alluvions of different types promoting a high diversity of the Arthropodian population; 4, trampling by moving of flock (loc. 2) promoting a low diversity of earthworm population.

1.2. Les Arthropodes

1.2.1. Composition spécifique

L'inventaire global de la faune des Arthropodes épigés réunit 55 espèces (Tabl. II). Certaines ne se trouvent dans les biotopes de rive que poussées par les nécessités alimentaires, telles les Fourmis *Formica cinerea*, et *F. nigricans* ou les Araignées *Drassodes lapidosus* et *Lycosa albofasciata* dont il est fréquent de rencontrer quelques individus sur les rives des eaux stagnantes ou courantes. Par contre des espèces comme *Dorcadion fuliginator* et *Lixus trivittatus* doivent être considérées comme franchement accidentelles.

Parmi les ripicoles s. str. (28 espèces) :

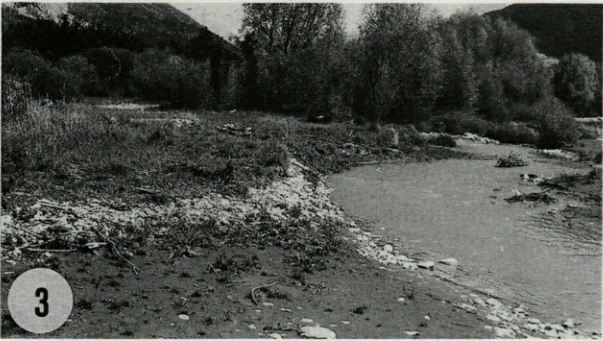
— Les Araignées sont bien représentées avec des espèces euryzones comme *Pardosa proxima* ou avec des espèces inféodées à un substrat particulier : *Oedothorax fuscus*, *Pardosa morosa*.

— La variété des Coléoptères rencontrés est en relation avec la nature même d'une retenue où les rives subissent des mouvements du niveau des eaux en rapport avec les débits entrant et sortant :

* A côté des espèces comme *Emphanes latiplaga*, *Philonthus rufimanus*, *Zorocheus dermastoides* qui recherchent les bords d'eau courante, on trouve par opposition des espèces comme *Trepantes articulatus*, *Phila obtusum*, *Chlaenius vestitus* qui se localisent près des eaux stagnantes.

* Avec 7 espèces, le genre *Peryphus* est moyennement diversifié : ce genre compte 11 espèces sur la partie moyenne de l'Ouvèze (Bigot et Gautier, 1982) et 11 espèces également sur le haut Guil et ses affluents (Bigot, observations personnelles). Ces rivières étant caractérisées par des eaux vives et aérées, nous voyons se confirmer ici nos observations précédentes sur le preferendum des *Peryphus* (Bigot et Gallissian, 1988).

— De par sa situation géographique, il faut enfin noter que les bords du lac de Castillon ont un peuplement caractérisé par des éléments de moyenne montagne : *Pardosa morosa*, *Princidium punctulatum*, *Peryphus conformis*, *P. fasciolatus*, *P. coeruleus*. L'effet de l'altitude se manifeste peu puisqu'une seule espèce appartient à la haute montagne : *Synechostictus ruficornis*.



1.2.2. Répartition

Au niveau des stations, nous pouvons retenir que :

— la variété de la faune (17 espèces ripicoles) et l'importance des populations observées dans la station 1 est en rapport avec la diversité des substrats, vases, limons, galets (Bigot et Gautier, 1981), rencontrés par les bras temporaires du Verdon durant leurs variations de tracé (Pl. I : 1).

— la diminution du nombre des espèces récoltées (7 ripicoles) à la station 3 est à rapprocher de l'existence d'un seul substrat et, dans une certaine limite, de la forte pente qui réduit l'extension de la frange d'humidité (Bigot et Gautier, 1981) liée au niveau du lac (Pl. I : 7).

— 2 espèces seulement sont communes aux 4 stations; il s'agit du ripicole s. str. *P. morosa* et de l'eurytope *Harpalus distinguendus* qui semblent les mieux adaptés à un milieu de bord d'eau où l'interface air-eau-sol se déplace continuellement.

— La récolte d'un unique individu d'*Arctosa variana* à la seule station 2 et d'un unique exemplaire de *Nebria psammodes* à la seule station 3 pourrait indiquer la limite altitudinale supérieure de ces 2 espèces dont les populations sont toujours bien représentées plus en aval (Bigot et Gallissian, 1988). *A. variana*, sur les bords du lac de Sainte-Croix-du-Verdon (477 m) a une densité de 1,2 ind./m² alors que cette densité peut atteindre à Cadenet, sur la Durance (160 m), 40 ind./m². *N. psammodes* est un ripicole planitiaire qui, d'après nos relevés de terrain, paraît restreindre son aire actuellement aux stations non polluées de moyenne altitude.

2. Influence du marnage

Au cours des prélèvements, nous avons pu observer une répartition de la faune ripicole en fonction du marnage.

2.1. Les Lombriciens

— De juin à octobre 1988, le lac est proche de/ou à sa cote maximale. L'avancée de l'eau s'accompagne de la remontée de la nappe phréatique (Grégoire, 1982) et les rives offrent des conditions édaphiques favorables au développement des vers. En juin 1988, toutes les espèces rencontrées à Castillon sont présentes et, pour certaines, les effectifs dénombrés montrent une proportion notable d'individus juvéniles, respectivement 45 %, 50 % et 60 % pour *A. rosea*, *L. terrestris* et *A. caliginosa*. Parmi les comportements observés :

* La migration en profondeur des adultes d'*A. meridionalis* qui intervient normalement au printemps ne se produit pas et leur entrée en diapause

est retardée. Parallèlement, l'activité des vers juvéniles qui se comportent comme des endogés à quiescence est maintenue (Saussey, 1981). Ce phénomène est analogue à celui déjà décrit chez *Scheurotheca gigas rhodana* var. *gallissiani* (Gallissian, 1975) et *Aporrectodea giardi* (Saussey, 1981) lorsque la teneur en eau du sol reste élevée.

* L'activité des adultes de *L. castaneus* est circonscrite aux biochores humides et organiques temporaires (fréquentation humaine d'où déchets) dont la colonisation est permise par leur aptitude migratoire (Bouché, 1976).

— Pendant les périodes de marnage (mars-mai 1988; nov. 1988), le bord de l'eau s'établit dans une zone de sédimentation variable dont la teneur en eau diminue dès que la frange capillaire s'éloigne alors que s'ouvrent les fentes de retrait (Pl. I : 3, 5, 7, 9). Les transects réalisés dans la zone découverte établissent la distribution suivante :

* A la limite supérieure atteinte par les eaux en juin 1988, *L. castaneus* disparaît (résistance par enkystement au stade cocon : Bouché, 1977) tandis que persistent *A. rosea*, *A. caliginosa*, *A. meridionalis* et *L. terrestris*. Ces Lombriciens peuvent résister à la sécheresse (minimum pluviométrique de février-mars 1988) ou au refroidissement (nov. 1988) des horizons superficiels en s'enfonçant en profondeur (*A. caliginosa*, *A. meridionalis*, *L. terrestris*) ou en entrant en état de vie ralentie (hibernation d'*A. rosea* : Bouché, 1972). Dans le cas de *L. terrestris* (Tabl. III A), qui doit obligatoirement vivre en horizon humide (Bouché, 1984), les déplacements verticaux sont en rapport avec les variations du niveau du lac, donc de la nappe phréatique (Grégoire, 1982), les Vers trouvant à sa proximité le taux d'humidité nécessaire à leur survie en période sèche. Lorsque la cote du lac est proche du maximum, l'humidification des couches superficielles du sol, par infiltrations de l'eau de gravité après les pluies, permet la remontée des vers sous/à la surface du sol (tendance épigée). La « disparition » de *L. terrestris* au moment du marnage n'est qu'un artefact soulignant les limites de la méthode éthophysique pour la récolte de l'espèce (Bouché, 1982).

* Dans les limites du marnage, on récolte essentiellement *E. tetraedra*. Ce taxon amphibie est entraîné par les déplacements de l'eau et peut survivre temporairement dans les fentes de retrait comblées par les laisses organiques. Quelques *A. caliginosa* et *A. meridionalis* peuvent également se rencontrer dans la partie haute de la zone marnée jusqu'à 10 m du niveau maximum. Il s'agit là de Vers entraînés accidentellement par le ruissellement des eaux de pluie ou par les mouvements de l'eau à son niveau haut et capables de résister à la sécheresse (quiescence ou diapause) comme à une immersion temporaire (Bigot et Gallissian, 1988).

2.2. Les Arthropodes

Les avancées de l'eau sur les rives du lac sont à l'origine de modifications de la physionomie des berges par submersion et action mécanique. Si certaines espèces de *Peryphus* comme *P. fasciolatus* peuvent résister à une immersion temporaire en se réfugiant sous les pierres, les autres Trechidae, bons voiliers, se garantissent d'une montée de l'eau par leur envol pour regagner la terre ferme, les Araignées Lycosidae (*Pardosa morosa*, *P. proxima*), qui se déplacent aisément sur l'eau et sur le sol, n'hésitent pas à se lancer dans le courant tandis que *Stenus bipunctatus* (Coléoptère Staphylinidae) doit, comme tous les *Stenus* (Jarri, 1945), pouvoir sécréter une substance modifiant la tension superficielle de l'eau, lui permettant ainsi de progresser à la surface de l'eau.

Pendant le marnage, les fluctuations de niveau sont telles que les interfaces air-eau-sol occupent successivement tous les substrats constituant le fond de la retenue (Pl. I : 3, 5, 7, 9). Lorsque le marnage est inférieur ou égal à 500 m, les Coléoptères se regroupent en volant vers les zones restant encore humides et les Araignées suivent les niveaux successifs de la frange capillaire, d'une manière quasi instantanée. Aux moments les plus secs (mars 1988), ces déplacements s'accompagnent de l'enfouissement sous les cailloux, les laisses organiques et dans les fentes de retrait. Toutefois dans ce mouvement de recul de l'eau, l'émersion de substrats différents sélectionne des peuplements qui ne sont pas identiques. C'est ainsi que *P. morosa*, dont le preferendum est le gravier, voit ses effectifs augmenter lorsque le rivage se trouve être sur ce milieu. Par opposition, le nombre des individus appartenant aux espèces euryzones (*P. proxima*, *Trochosa ruricola*) varie peu. Lorsque l'amplitude du marnage atteint 1 km, les Arthropodes disparaissent des dernières zones découvertes (vase noire).

3. Structure du peuplement

3.1. Abondance relative des espèces

Les valeurs de ce coefficient écologique appliqué au peuplement global (Tabl. III B) montrent que, parmi les 4 espèces dominantes, 3 appartiennent aux Lombriciens et une seule aux Arthropodes. Parmi ces dominants, 2 espèces sont des ripicoles s. str., *P. morosa* et *E. tetraedra*. Un seul Lombricien ripicole s. str. (*L. terrestris*) et un seul Arthropode ripicole (*P. scapularis*, dominant en moyenne et haute altitude) se classent parmi les 6 espèces influentes. L'examen séparé de chacun des 2 peuplements indique de plus que, dans le peuplement arthropodien, le nombre des espèces résidentes est très nettement supérieur à celui des

Tabl. III. – A, Migrations verticales de *L. terrestris* en fonction des variations de niveau du lac et des précipitations (..., chute de neige). Fo, épandage du formol; Bm20, bêcheage et tri manuel jusqu'à - 20 cm. B, Abondance relative des espèces du peuplement.

A, Vertical migrations of *L. terrestris* according to changes in water level and rainfalls (during month of sample, during 5 days before sample, ..., snowfall). Fo, formalin application, Bm20, soil sampling to 20 cm and hand sorting. B, Relative abundance of the population for the specimens.

Relevés/dates	Cotes	Hauteur de pluie (en mm)		% H ₂ O sol (-10cm)	Fo	Bm20
		dans le mois du relevé	dans les 5 j. précédant le relevé			
A 13.10.87	878,6	160	78,4	21,5	+	+
B 21.03.88	864,9	50	0	16,8	0	0
C 09.05.88	874,6	154	32,4	19,6	0	0
D 23.05.88	877,2	144	15,7	19,8	0	+
E 21.06.88	879,2	140	80	23,4	+	+
F 21.11.88	876,2	44	5,4	31,6	0	+

Espèces	Vers + Arthropodes		Arthropodes
	Vers	Arthropodes	
<i>A. caliginosa</i>	27,69	57,80	
<i>P. morosa</i>	15,38		29,53
<i>A. rosea</i>	6,15	12,84	
<i>E. tetraedra</i>	5,71	11,93	
<i>H. distinguendus</i>	4,39		8,43
<i>S. bipunctatus</i>	3,52		6,75
<i>A. meridionalis</i>	3,52	7,34	
<i>L. terrestris</i>	3,08	6,42	
<i>P. scapularis</i>	2,64		5,06
<i>F. auricularia</i>	2,42		4,64
<i>P. conformis</i>	1,54		2,95
<i>F. nigricans</i>	1,32		2,53
<i>O. fuscus</i>	1,10		2,11
<i>D. lapidosus</i>	1,10		2,11
<i>P. proxima</i>	1,10		2,11
<i>E. latiplaga</i>	1,10		2,11
<i>P. decorus</i>	1,10		2,11

autres catégories (89,4 % du total dont 85,7 % de ripicoles s. str.). En tête des taxons constituant les populations dominantes de chaque communauté, nous trouvons *A. caliginosa* (126 individus sur un total de 218 Vers) et *P. morosa* (70 individus sur un total de 237 Araignées). *A. caliginosa* se classe au premier rang par son aptitude à persister dans les milieux de bord d'eau aux conditions abiotiques instables.

3.2. Diversité spécifique

3.2.1. Au plan stationnel

La station 3, constituée par un milieu homogène de cailloux roulés sur forte pente et fermée du côté terre par un surplomb de 1,5 m de haut, est inaccessible aux populations continentales. Elle porte la communauté la plus faiblement diversifiée ($H = 2,07$ bits), presque exclusivement représentée par des *E. tetraedra* amenés par le courant et par des *P. morosa* se déplaçant le long de la berge.

Dans les autres stations :

— au niveau du peuplement global, les stations 1 et 4 s'opposent par leurs populations homogènes mieux structurées ($H = 3,78$ bits et $H = 3,42$ bits) et mieux stabilisées ($E = 77,83$ % et $E = 73,58$ %) à la station 2 à l'homogénéité plus faible ($H =$

2,14 bits) et à la stabilité précaire ($E = 50,29\%$). Ces 2 groupes de stations diffèrent en effet par leurs caractéristiques abiotiques.

— Dans le cas des stations 1 et 4 les valeurs voisines de H et de E impliquent une structure de peuplement sensiblement identique en rapport avec la variété des substrats sur pente plus faible. Toutefois l'apport du Verdon se manifeste à la station 1 par un pourcentage élevé d'individus ripicoles s. str. (80 %); à la station 4, ce pourcentage est inférieur de moitié (37 %), en relation avec l'arrivée d'éléments provenant de la bordure forestière.

— Dans le cas de la station 2, le peuplement lombricien de faible diversité ($H = 1,04$ bit) et de faible équitabilité ($E = 65,83\%$) détermine les faibles valeurs du peuplement global ($H = 2,14$ bits et $E = 50,29\%$). Par contre la communauté arthropodienne présente une forte équitabilité ($E = 89,72\%$).

En ce qui concerne les Vers, la faible diversité de cette faune s'explique par la nature du milieu d'étude, une pelouse de berge où les espèces de Lombriciens sont peu nombreuses mais les effectifs parfois importants. On peut aussi supposer une adaptation de certains taxons aux conséquences du marnage (« disparition » des *L. terrestris* lorsque le niveau de l'eau baisse) ou un impact local (piétinement des troupeaux en transhumance : Pl. I : 4).

Pour les Arthropodes, le rapport du nombre d'individus ripicoles s.str. au nombre total des individus est beaucoup plus faible dans la station 2 (53,3 %) que ce même rapport dans la station 3 (83,3 %). Il y a donc au niveau de cette station 2, établie sur faible pente, un apport de populations exogènes complétant le noyau — ou cénon — des espèces ripicoles.

3.2.2. Au plan temporel

La succession dans le temps montre des valeurs de coefficients de diversité et d'équitabilité supérieurs à 80 % (faune globale, Lombriciens et Arthropodes confondus) à l'exception des relevés effectués en mai (forte fréquentation des bords du lac à cette période) et en novembre (période de gel).

Cette relative uniformité dans le temps du fonctionnement du peuplement global des Lombriciens et des Arthropodes tient au fait que ce peuplement est entretenu, pendant la saison humide, par un maximum des populations de Lombriciens et, pendant la saison sèche, par un maximum des populations d'Arthropodes (influence du marnage et des précipitations : Tabl. I et Tabl. III A).

3.3. Analyse factorielle des correspondances

Une analyse factorielle des correspondances (logiciel Datavision; Roux, 1985) permet de véri-

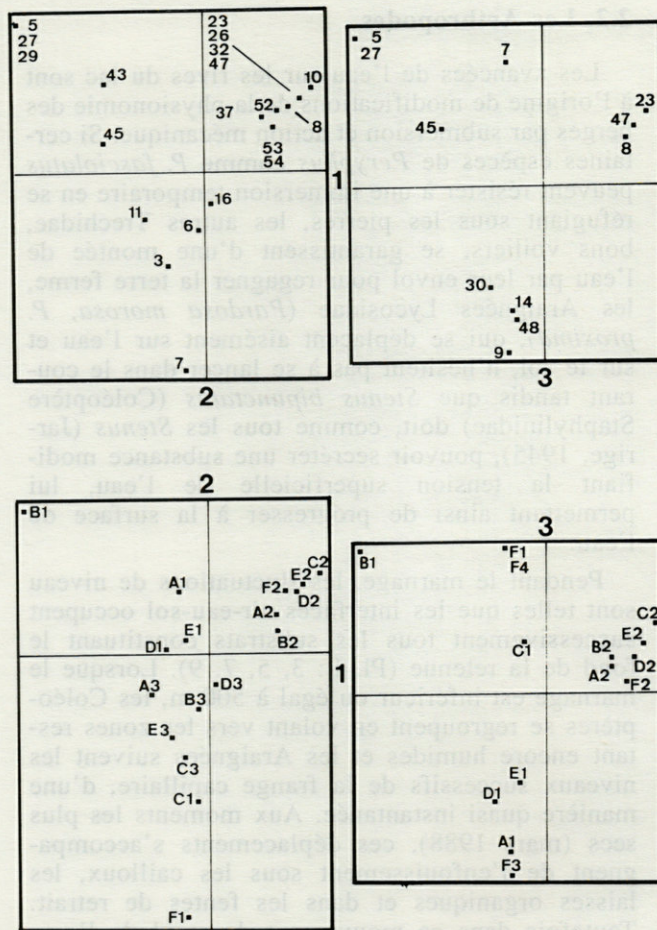


Fig. 2. — Plan factoriel des espèces et des stations sur les axes 1, 2 et 3 d'après une A.F.C. A1, relevé A à la station 1; B1, relevé B à la station 1;... C3, relevé C à la station 3...

Ordination of species and stations along 1st, 2d and 3d axes resulting from F.C.A. 3 : *D. lapidosus*, 5 : *P. proxima*, 6 : *P. morosa*, 7 : *T. ruricola*, 8 : *A. variana*, 9 : *L. albofasciata*, 10 : *O. sabulosus*, 11 : *N. psammodes*, 14 : *P. conformis*, 16 : *P. coeruleus*, 23 : *S. ruficornis*, 26 : *A. aenea*, 27 : *C. vestitus*, 29 : *S. bipunctatus*, 30 : *S. guttula*, 32 : *Ph. rufimanus*, 37 : *Z. dermestoides*, 43 : *S. arenicola*, 45 : *F. cinerea*, 47 : *F. auricularia*, 48 : *E. tetraedra*, 52 : *A. rosea*, 53 : *A. caliginosa*, 54 : *L. terrestris*. A1, A sample at loc. 1; B1, B sample at loc. 1;... C3, C sample at loc. 3...

fier les principaux résultats obtenus (fig. 2). La matrice soumise à l'analyse est constituée de 56 lignes (espèces) et de 24 colonnes (relevés).

Les 3 premiers axes apportent seulement 30,19 % de l'information : cette faible valeur montre que tous les facteurs d'environnement interviennent de façon relativement équilibrée avec, au plan écologique, l'influence du substrat, de la pente et du marnage.

L'axe 1 (inertie : 10,86 %) est un axe édaphique de diversité de substrats. Sur cet axe, se localise,

au pôle -, un écosystème (station 1) constitué de nombreux substrats se diversifiant naturellement ou artificiellement (impact d'aménagements) avec 2 espèces exogènes seulement *Stenus bipunctatus*, *Formica cinerea* et, parmi les espèces ripicoles s. str., les 2 espèces déterminantes *Pardosa proxima* et *Chlaenius vestitus*.

S'oppose, au pôle +, un milieu de berge avec 2 substrats (station 2). Sur les 9 espèces déterminantes, 4 sont des espèces exogènes (*Aporrectodea rosea*, *Ommatoiulus sabulosus*, *Forficula auricularia*, *Amara aenea*) qui montrent bien le courant de colonisation entretenant le peuplement de ce milieu. Les espèces ripicoles s. str. sont représentées par *Lumbricus terrestris*, *Arctosa variana*, *Synechostictus ruficornis*, *Philonthus rufimanus*, *Zorochrus dermestoides*.

Sur l'axe 2 (inertie : 10,44 %) s'opposent 5 relevés de la station 3, avec les espèces déterminantes *Drassodes lapidosus*, *Pardosa morosa*, *Nebria psammodes* et *Peryphus coeruleus*, et 6 relevés de la station 2 (cf. espèces citées précédemment sur l'axe 1, pôle +). Il s'agit d'un axe montrant un gradient complexe où entrent la physiologie des stations conditionnant l'état du peuplement global des lombriciens et des Arthropodes dans leurs rapports avec le peuplement de leur environnement; en fait, se manifeste ici le degré de fermeture de la zoocoenose en fonction de la pente et de la nature des substrats.

L'axe 3 (inertie : 8,89 %) prend en compte le marnage par le biais des dates de relevés auxquelles se réfèrent les niveaux du plan d'eau. Les manifestations les plus visibles se situent à la station 1 où les substrats sont les plus variés et où les mouvements du plan d'eau et de la rivière sont particulièrement marqués par les variations du peuplement : s'opposent trois espèces déterminantes (*E. tetraedra*, *P. conformis*, *Stenus guttula*) des relevés de mai, juin et oct. (pôle -) correspondant à un niveau haut, à 3 espèces (*Pardosa proxima*, *Trochosa ruricola*, *Chlaenius vestitus*) des relevés de mars et de nov. (pôle +), effectués dans une période de marnage.

CONCLUSION

L'altitude et l'amplitude du marnage sont les deux facteurs qui interviennent en priorité pour différencier les deux peuplements ripicoles des bords des réservoirs de Castillon et de Sainte-Croix quant à leur composition et à leur structure.

Au niveau du peuplement global, on relève à Castillon une considérable réduction des effectifs qui semble en rapport avec l'implantation de cette retenue dans une région montagneuse. Nous avons pu constater qu'une forte pente déterminait la for-

mation d'une communauté fermée, sans apport ripicole s.l., donc réduite aux seuls ripicoles s. str. La présence d'un obstacle à la dispersion d'individus d'espèces exogènes non ailées d'origine continentale (présence d'un surplomb de plus d'un mètre) est également un facteur de fermeture de la zoocoenose ripicole.

Pour les Vers, la diversité générale est faible. La prédominance de *A. caliginosa* sur toutes les autres espèces est encore plus marquée qu'à Sainte-Croix. Elle s'accompagne d'une diminution de l'abondance des *E. tetraedra* et des *L. terrestris* qui sont les plus sensibles, du fait de leur appartenance à la catégorie des hygrophiles, aux conséquences d'une variation de niveau importante.

Pour les Arthropodes, la réduction des populations de *N. psammodes* et de *A. variana*, comme l'apparition d'une population de *S. ruficornis* caractérise une faune ripicole de transition entre basse et haute montagne, compte-tenu de la localisation géographique de Castillon. De même qu'à Sainte-Croix, la variété des substrats provoque la formation des communautés les plus diversifiées, notamment en ce qui concerne les Lycosidae et les Trechidae.

Vers et Arthropodes répondent au marnage par des stratégies adaptatives semblables à celles rencontrées à Ste-Croix. Toutefois, l'importance des surfaces exondées lors du marnage maximum (en amont du pont St Julien au nord, et à l'ouest du barrage dans le sud de la retenue) s'accompagne ici de la disparition totale de la faune ripicole près du niveau minimum de l'eau. Comme pour la faune benthique des retenues (Lamberti et Nino, 1979; Grégoire, 1982; Gallissian et Lamberti, 1988), nous pouvons souligner l'impact négatif d'un marnage important sur la faune des Lombriciens et des Arthropodes ripicoles de Castillon quand on sait le rôle joué par les Oligochètes dans l'extension de l'interface air-sol (Bouché, 1971 et 1975) et la place tenue par les Araignées dans la chaîne alimentaire (Bigot et Gautier, 1981).

REMERCIEMENTS - Nous exprimons notre reconnaissance à M. Roux qui a eu l'amabilité de nous préciser certains points quant à l'interprétation de l'analyse factorielle. Nos remerciements s'adressent également à J.J. Roccbianca pour son aide dans la réalisation technique de la planche photographique.

BIBLIOGRAPHIE

- BIGOT L., 1963. Observations sur les variations de biomasse des principaux groupes d'invertébrés de la « Sansouire » camarguaise. *Terre Vie* 17 : 319-334.
- BIGOT L. & A. GALLISSIAN, 1988. Les communautés d'Oligochètes *Lumbricidae* et d'Arthropodes ripi-

- coles des interfaces air-eau-sol de la retenue de Sainte-Croix (Bas Verdon, Alpes de Haute-Provence). *Vie Milieu* **38** (3/4) : 311-320.
- BIGOT L. & G. GAUTIER, 1981. Originalité et intérêt écologique de la communauté ripicole et pélophile de surface. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille* **41** : 13-30.
- BIGOT L. & G. GAUTIER, 1982. La communauté des Arthropodes des rives de l'Ouvèze (Vaucluse). *Ecol. Méditer.* **8** (4) : 11-36.
- BIGOT L. & N. POINSOT-BALAGUER, 1978. Influence du pâturage d'une manade de chevaux de race Camargue sur les communautés des Invertébrés d'une « sansouire ». *Rev. Ecol. Biol. Sol* **15** (4) : 517-528.
- BOUCHE M.B., 1971. Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes illustrés par le rôle pédobiologique des Vers de terre. In : La vie dans les sols. Aspects nouveaux. Recherches expérimentales, P. Pesson ed., Gautier Villars, Paris, 187-209.
- BOUCHE M.B., 1971 a. Répartition des vers de terre appréciée par le rapport carbone/azote dans les types d'humus en France. In C.R. du IV Colloquium Pedobiologiae, Dijon, septembre 1970, éd. I.N.R.A., *Ann. Zool. - Ecol. anim.* **71** (7) : 481-493.
- BOUCHE M.B., 1972. Lombriciens de France. Ecologie et systématique. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* **72** : 1-671.
- BOUCHE M.B., 1975. Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes. In, Kilbertus et al. Humification et biodégradation, Pieron ed., Sarreguemines, 157-168.
- BOUCHE M.B., 1976. Etude de l'activité des invertébrés épigés prairiaux. I. Résultats généraux et géodrilogiques (*Lumbricidae* : *Oligochaeta*) *Rev. Ecol. Biol. Sol* **13** (2) : 261-281.
- BOUCHE M.B., 1977. Stratégies lombriciennes. In Soil Organisms as components of ecosystems. *Ecol. Bull. Stockholm* **25** : 122-132.
- BOUCHE M.B., 1982. Un exemple d'activité animale : le rôle des Lombriciens. *Acta Oecologica, Oecol. gener.* **3** (1) : 127-154.
- BOUCHE M.B., 1984. Les modalités d'adaptation des Lombriciens à la sécheresse. *Bull. Soc. bot. Fr., Actual. bot.* **131** (2/3/4) : 319-327.
- BOUCHE M.B. & M. BEUGNOT, 1978. Action du chlorate de sodium sur le niveau des populations et l'activité biodégradatrice des Lombriciens. *Phytiatrie - Phytopharmacie* **27** : 147-162.
- BOUCHE M.B. & R.H. GARDNER, 1984. Earthworm functions. VIII. Population estimation techniques. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* **21** (1) : 37-63.
- CHAMPEAU A. et coll., 1982. Les retenues hydro-électriques du Verdon : impact sur la rivière, conséquences du marnage. *Bull. Ecol.* **13** (2) : 203-239.
- GALLISSIAN A., 1975. Les états de vie ralentie chez les Oligochètes terricoles. Le comportement de *Scheurotheca gigas rhodana* (Bouché) var. *gallissiani* observé dans les conditions naturelles. *Rev. Biol. ecol. méditer.* **2** (2) : 9-14.
- GALLISSIAN A. & E. LAMBERT, 1988. Impact du marnage sur la faune benthique de la retenue hydro-électrique de Serre-Ponçon (Hautes Alpes, France) : mise en évidence d'états de quiescence et de diapause provoqués par la dessiccation du milieu chez *Lumbriculus variegatus* (Müller). *Mésogée* **48** : 111-114.
- GREGOIRE A., 1982. Contribution à l'étude hydrobiologique d'une rivière aménagée : le Verdon. Les lacs de barrage et les tronçons de cours d'eau à débit régulé. *Cah. lab. Hydrobiol. Montereau* **13** : 1-172.
- JARRIGE J., 1945. Les *Paederus* de la faune française. *L'Entomol.* **1** : 5-9.
- LAMBERTI E. & A. NINO, 1979. Etude du lac de Serre-Ponçon : domaine benthique. *Rev. Biol. Ecol. Médit.* **3-4** : 256.
- LIDDLE M.J., 1975. A selection review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biol. Conserv.* **7** : 17-36.
- MICHON J., 1954. Contribution expérimentale à l'étude de la Biologie des Lumbricidae. Les variations pondérales au cours des différentes modalités du développement post-embryonnaire. Thèse d'Etat, Poitiers, 192 p.
- PIEARCE T.G., 1984. Earthworm populations in soils disturbed by Trampling. *Biol. Conserv.* **29** : 241-252.
- SAUSSEY M., 1981. Cycle de reproduction d'un Lombricien anécique : *Nicodrilus giardi* (Ribaucourt). Ses relations avec les facteurs du milieu. *Bull. Soc. Zool. Fr.* **106** (3) : 269-275.
- SCHWERT D.P. & K.N. DANCE, 1979. Earthworm cocoons as a drift component in a southern Ontario stream. *Canadian Field Naturalist.* **93** (2) : 180-183.
- VEDOVINI A., 1971. Sur les souches Provençales de *Allolobophora rosea* Savigny (*Lumbricidae*). *Bull. Soc. Zool. Fr.* **96** (4) : 541-545.
- VEDOVINI A., 1973. Systématique, caryologie et écologie des Oligochètes terrestres de la région Provençale. Thèse d'Etat, Marseille, C.N.R.S. A.O. 7792, 156 p.
- WARD J.W., 1976. Lumbricid earthworm populations in a Colorado mountain stream. *South westerns Naturalist.* **21** (1) : 71-78.

Reçu le 30 mai 1990; received May 30, 1990

Accepté le 25 février 1991; accepted February 25, 1991

UN NOUVEAU TALITRIDAE DE CORSE : « TALORCHESTIA » UGOLINII N.SP. (CRUSTACEA AMPHIPODA)

A new Talitridae of Corsica island : « Talorchestia »
ugolinii n.sp. (Crustacea, Amphipoda)

D. BELLAN-SANTINI**, S. RUFFO*

* Museo Civico di Storia Naturale, Verona, Italie

** Centre d'Océanologie de Marseille, Station Marine d'Endoume, Marseille, France

CRUSTACÉS AMPHIPODES
TALORCHESTIA UGOLINII N. SP.
MÉDITERRANÉE

RÉSUMÉ – Une nouvelle espèce de Talitridae est décrite des côtes de Corse orientale : *Talorchestia ugoiinii* n. sp. Cette espèce est proche de *Talorchestia brito* dont elle se distingue surtout par une profonde indentation du bord palmaire du gnathopode 2 ♂ près de l'insertion du dactyle. L'attribution générique de cette espèce et des trois autres espèces de *Talorchestia* de Méditerranée est discutée en relation avec les genres *Pseudorchestoidea* créé par Bousfield et *Talorchestia sensu stricto* défini par Morino et Miyamoto.

AMPHIPODA CRUSTACEA
TALORCHESTIA UGOLINII N.SP.
MEDITERRANEAN SEA

ABSTRACT – A new species of Talitridae is described from western Corsica coast : *Talorchestia ugoiinii* n. sp.. This new species differs from the nearest species *Talorchestia brito* by a deep excavation on the palma edge of the second gnathopod of the ♂, located near the dactylus insertion. The generic attribution of this new species and of the 3 other mediterranean *Talorchestia* is discussed according to the Bousfield genus *Pseudorchestoidea* and the new definition of *Talorchestia sensu stricto* by Morino and Miyamoto.

INTRODUCTION

Les Talitridae (*sensu* Bulycheva, 1957; Bousfield 1979, 1982) méditerranéens comportaient jusqu'à présent, outre *Talitrus saltator*, 8 espèces du groupe « *Orchestia* » et 3 espèces de *Talorchestia* s.l. : *T. brito* Stebbing, 1891, *T. deshayesi* (Audouin, 1826) et *T. pelecyaniformis* Bellan-Santini et Ruffo, 1986.

Il a récemment été récolté sur les côtes de Corse, dans la région d'Aléria, dans la zone battue par les vagues de la plage, des individus qui n'ont pu être attribués à aucune espèce actuellement connue.

MATÉRIEL EXAMINÉ

Cateraggio d'Aléria (Corse orientale), sur la plage, dans la partie humide de la zone battue par les vagues (Médiolittoral), 24.25.V.1988, leg.A. Ugolini : 12 ♂, 6 ♀ (une ovigère portant 8 œufs).

Aléria (Corse orientale), Padulone, sur la plage, dans la zone battue par les vagues, 12-16. VIII

1988, leg. M. Daccordi : 16 ♂ (tous immatures) 180 / (la plupart immatures, seuls quelques exemplaires étaient pourvus d'oostégites développés).

L'hotype ♂ (Cateraggio d'Aléria) (MVR Cr 234) avec la plus grande partie des paratypes, sont déposés dans la collection du « Museo Civico di Storia naturale » de Verone, 1 ♂ est totalement disséqué (préparations 3564-3569) 1 ♀ est partiellement disséquée (préparation 3570). 8 paratypes ♂ et ♀ sont déposés dans la collection du « Museo Zoologico La Specola » de l'Université de Florence. 1 ♂ et 1 ♀ paratypes sont déposés dans la collection du « National Museum of Natural Sciences » d'Ottawa (Canada).

DIAGNOSE

Talorchestia ugoiinii n. sp.

Espèce très proche de *T. brito* Stebbing, mais avec les antennes du ♂ beaucoup plus longues que la moitié du corps et avec le propode des gnathopodes 2 du ♂ pourvu d'une encoche profonde située près de l'insertion du dactyle; uropodes 3

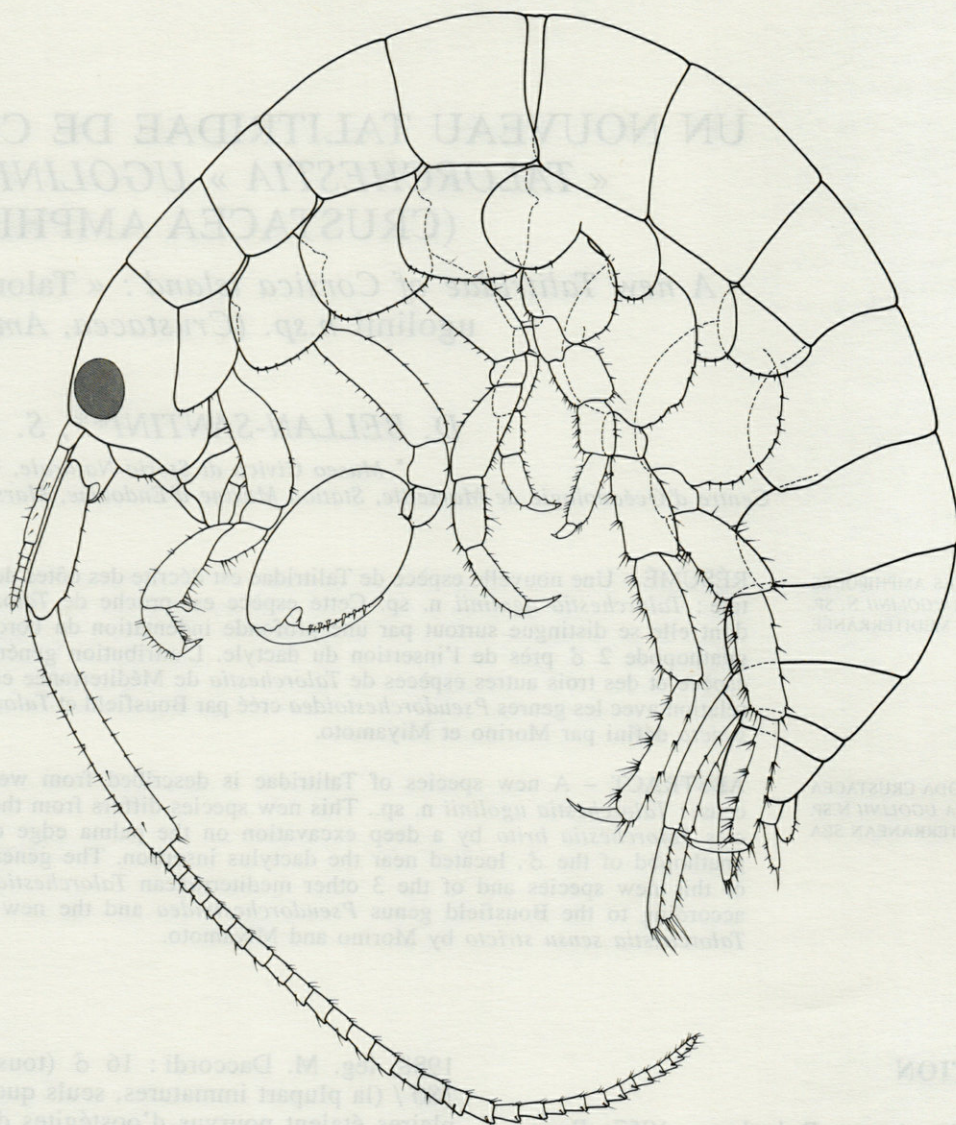


Fig. 1. – *Talorchestia uolinii* n. sp. ♂ holotype, 14 mm (Cateraggio d'Aleria, Corse), habitus.

Talorchestia uolinii n. sp. ♂ holotypus, 14 mm (Cateraggio d'Aleria, Corsica), habitus.

allongés mais la longueur de la rame n'excède pas celle du pédoncule, apex pourvus d'une longue épine égale à la 1/2 de la rame.

Station type : Cateraggio d'Aleria (Corse orientale)

DESCRIPTION

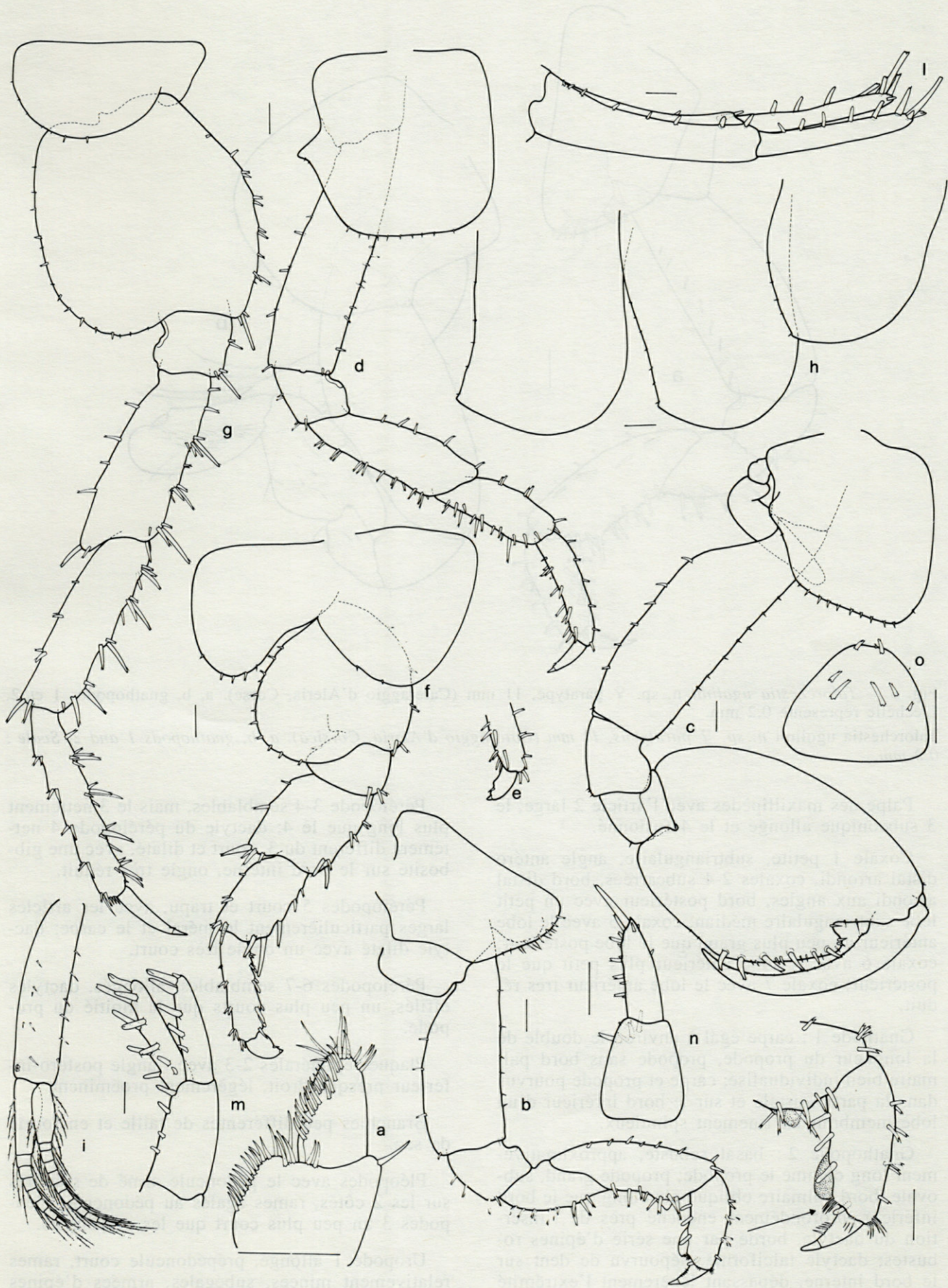
♂ longueur 12,5-14 mm. Yeux ronds, non contigus au sommet de la tête. Antenne 1 atteignant

l'apex de l'article 4 du pédoncule de l'antenne 2. 2^e et 3^e articles du pédoncule subégaux, plus longs que l'article 1, flagelle de 7 articles, plus court que le pédoncule. Antenne 2 beaucoup plus longue que la 1/2 du corps, pédoncule non dilaté, 4^e article nettement plus court que le 5^e, flagelle beaucoup plus long que le pédoncule, formé de 30 à 32 articles.

Mandibule gauche avec une *lacinia mobilis* à 5 dents.

Fig. 2. – *Talorchestia uolinii* n. sp. ♂ paratype, 12,5 mm (Cateraggio d'Aleria, Corse). a, articles distaux du palpe des maxillipèdes; b, c, gnathopodes 1 et 2; d, périopode 3; e, dactyle du périopode 4; f, périopode 5; g, périopode 7; h, plaques épimérales 1-3; i, pléopode 3; l, m, n, uropodes 1-3; o, telson. L'échelle représente 0,2 mm.

Talorchestia uolinii n. sp. ♂ paratypus, 12,5 mm (Cateraggio d'Aleria, Corse). a, distal articles of the maxilliped; b, c, gnathopods 1 and 2; d, periopod 3; e, dactylus of the periopod 4; f, periopod 5; g, periopod 7; h, epimeral plates 1-3; i, pleopod 3; l, m, n uropods 1-3; o, telson. Scale : 0.2 mm.



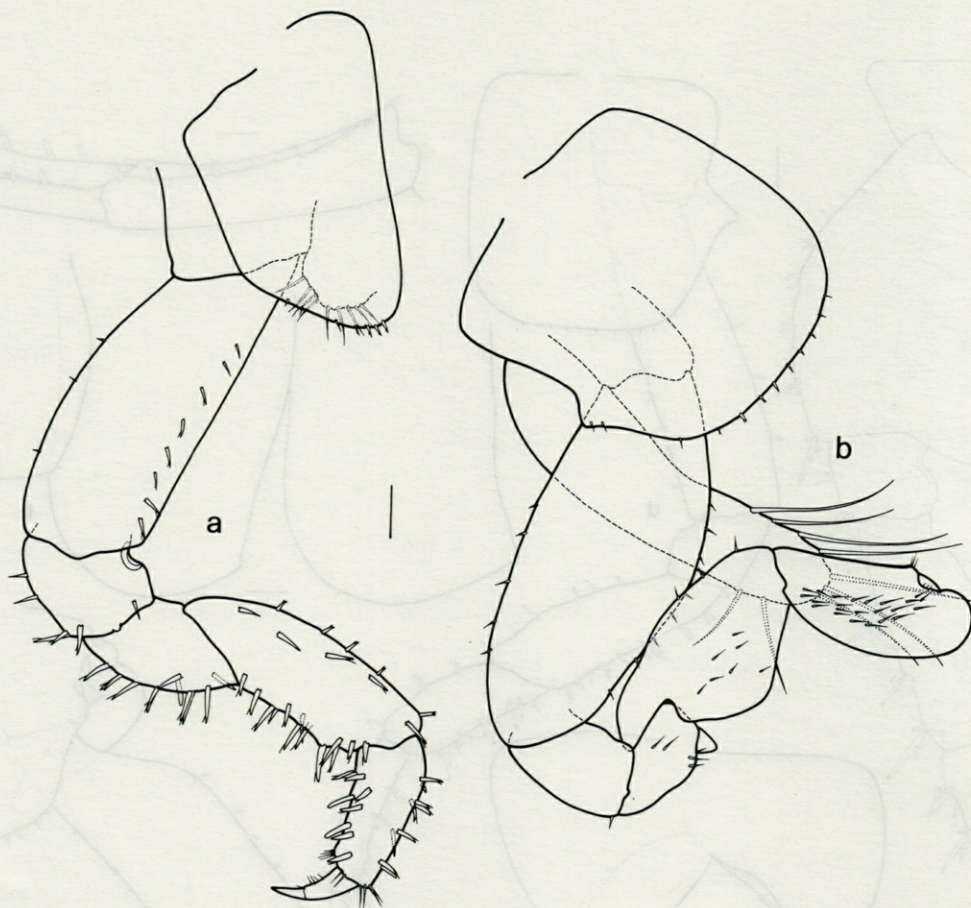


Fig. 3. — *Talorchestia ugolinii* n. sp. ♀ paratype, 11 mm (Cateraggio d'Aleria, Corse). a, b, gnathopodes 1 et 2. L'échelle représente 0,2 mm.

Talorchestia ugolinii n. sp. ♀ paratypus, 11 mm (Cateraggio d'Aleria, Corsica). a, b, gnathopods 1 and 2. Scale : 0.2 mm.

Palpe des maxillipèdes avec l'article 2 large, le 3 subconique allongé et le 4 fusionné.

Coxale 1 petite, subtriangulaire, angle antéro distal arrondi, coxales 2-4 subcarrées, bord distal arrondi aux angles, bord postérieur avec un petit lobe subtriangulaire médian; coxale 5 avec le lobe antérieur un peu plus grand que le lobe postérieur; coxale 6 avec le lobe antérieur plus petit que le postérieur; coxale 7 avec le lobe antérieur très réduit.

Gnathode 1 : carpe égal à environ le double de la longueur du propode, propode sans bord palmaire bien individualisé; carpe et propode pourvus dans la partie distale et sur le bord inférieur d'un lobe membraneux finement spinuleux.

Gnathopode 2 : basal robuste, approximativement long comme le propode; propode grand, subovale, bord palmaire oblique plus long que le bord inférieur, profondément encoché près de l'insertion du dactyle, bordé par une série d'épines robustes; dactyle falciforme, dépourvu de dent sur le bord interne, dépassant légèrement l'extrémité du bord palmaire.

Péréiopode 3-4 semblables, mais le 3 nettement plus long que le 4; dactyle du péréiopode 4 nettement différent du 3, court et dilaté, avec une gibbosité sur le bord interne, ongle très réduit.

Péréiopodes 5 court et trapu, avec les articles larges particulièrement le méral et le carpe; dactyle dilaté avec un ongle très court.

Péréiopodes 6-7 semblables, allongés, dactyles effilés, un peu plus courts que la moitié du propode.

Plaques épimérales 2-3 avec l'angle postéro-inférieur presque droit, légèrement proéminent.

Branchies peu différentes de taille et en forme de sac.

Pléopodes avec le pédoncule armé de spinules sur les 2 côtés, rames égales au pédoncule, pléopodes 3 un peu plus court que les précédents.

Uropode 1 allongé, pré-pédoncule court, rames relativement minces, subégales, armées d'épines robustes distalement émoussées.

Uropode 2 court et épais, rames subégales, robustes, armées d'épines très robustes et distalement émoussées.

Uropode 3 allongé, pédoncule tronco-conique avec un groupe d'épines distalo-externes, rame allongée, égale au pédoncule avec une série d'épines sur le bord externe et une robuste épine distale, égale à la 1/2 de la longueur de la rame.

Telson subtrapézoïdal, à la base large, sans incision distale, 2 épines distales et deux groupes de 2-3 épines médio-dorsales.

♀ avec oostégites, longueur 10,5-11 mm. Antenne 2 plus courte que chez le ♂ beaucoup moins longue que la 1/2 du corps, flagelle de 19-21 articles.

Gnathopode 1 semblable à celui du ♂ mais carpe et propode dépourvus du lobe membraneux distalo-inférieur.

Gnathopode 2 avec le basal large fortement convexe dans la partie antérieure, méral portant un lobe triangulaire membraneux à l'angle distalo-inférieur, carpe large, bord inférieur convexe, propode et dactyle typiques.

Oostégites constitués d'une lame linguiforme, pourvue marginalement de longues soies normales.

Couleur : blanc ivoire avec des tâches dorsales brunâtres.

Derivatio nominis : l'espèce est dédiée au docteur A. Ugolini.

DISCUSSION

Talorchestia ugalinii est très proche de *T. brito* Stebbing (cf. Chevreux et Fage, 1925; Vader, 1970; Lincoln, 1979) dont il se distingue essentiellement par le propode des gnathopodes 2 ♂ pourvu d'une profonde encoche près de l'insertion du dactyle. Les antennes 2 sont d'autre part plus allongées avec un pédoncule plus mince et les uropodes 3 présentent une épine distale plus longue. Chez les ♂ non adultes, l'échancrure du propode des gnathopodes 2 est peu profonde ou manque totalement; l'espèce nouvelle, à ce stade, se distingue difficilement de *T. brito*.

En ce qui concerne les autres espèces méditerranéennes; *T. pelecaniformis* Bellan-Santini et Ruffo, 1986 récemment décrite de Sardaigne, est bien distincte de *T. ugalinii* par la forme du gnathopode 2 ♂, mais il lui ressemble fortement par tous les autres caractères et en particulier par la forme du gnathopode 1 ♂, de celle du dactyle du périopode 5 court et dilaté et de l'uropode 3 qui rappelle celui de *Talitrus saltator*. Il faut rappeler que *T. pelecaniformis* se rapproche par divers caractères et en particulier par le gnathopode 2 du ♂ de *T. deshayesi* (Audouin).

Si au niveau spécifique, il n'existe aucun problème quand à l'originalité de la nouvelle espèce, un problème subsiste au niveau générique.

Bousfield 1982 a considéré que *T. brito* appartenait au genre *Pseudorchestoidea*. Ce genre comprenait, toujours selon cet auteur, 3 groupes : un groupe plésiomorphe de distribution atlanto-méditerranéenne, monotypique avec *P. brito*; un groupe intermédiaire « *meridionalis* » comportant 3 espèces et un troisième groupe monotypique « *biolleyi* » très apomorphe. Les deux derniers groupes seraient endémiques des côtes pacifiques de l'Amérique centrale et du Mexique. Au cours de ce travail, Bousfield envisage le point de vue phénétique et effectue une étude de similarité entre les seuls genres de Talitridae nord-pacifiques. Il reconnaît que *P. brito* est « rather distinct from the other two groups », en effet le phénogramme de la fig. 27 montre que *T. brito* se rattache au groupe des autres *Pseudorchestoidea* avec le même degré de similarité que celui qui réunit plusieurs taxons au niveau générique. Dans ce travail il ne redéfinit ni le genre *Talorchestia*, ni son contenu, annonçant une révision des Talitridae en préparation.

Morino et Miyamoto (1988) analysent fort bien la situation du genre *Talorchestia* sensu Dana; au niveau mondial il comprend une cinquantaine d'espèces distribuées dans toutes les régions du globe, les difficultés d'identification des espèces sont en partie liées à l'imprécision des caractères de diagnose. Ces auteurs redéfinissent le genre *Talorchestia* de façon à ce qu'il inclue seulement le complexe *spinipalma*. Pour ces auteurs le genre *Talorchestia* s. str. comprend donc 5 espèces toutes Indo-pacifiques, il ressemble à *Pseudorchestia* (sic) Bousfield 1982 « in having slender appendages and elongate antennae (in the male). Features diagnostic of the latter, namely, large eyes, very short expanded dactyl of pereopod 5, elongate uropod 3 ramus, modified pleopods, terminal spade-spines of uropods 1 and 2, etc..., indicate a generally more advanced or derived phyletic status of *Pseudorchestia* relative to *Talorchestia sensu stricto* ».

La proposition par Bousfield, en 1982 d'une approche par les groupes naturels n'a toujours pas réglé le problème.

Dans ce contexte, il est évident que les Talitridae forment un groupe réunissant le maximum de difficultés quant à une bonne séparation et classification au niveau générique :

- les diagnoses sont souvent incomplètes;
- les caractères morphologiques ne sont pas tous très bien définis;
- on enregistre une variation intraspécifique, au cours du cycle de vie, de certains caractères essentiels pour l'identification;
- la distribution est souvent large;

— pour certains caractères morphologiques, il est souvent très difficile voire impossible de distinguer si l'on a affaire à des homologues ou à des homoplasies, donc si les groupes sont monophylétiques ou paraphylétiques. Les habitats des différentes espèces souvent très proches du point de vue écologique ont pu induire des stratégies adaptatives du même type, pour des lignées différentes.

En conclusion on peut dire :

1. les genres *Talorchestia*, sensu Morino et Miyamoto, et *Pseudorchestoidea*, ont été définis en ne prenant en compte qu'un petit nombre d'espèces et deux seuls secteurs géographiques, les conclusions utilisables sont donc très partielles;

2. les quatre espèces de Méditerranée s'apparentent à divers degrés aux deux genres précédemment cités mais s'en distinguent aussi suffisamment pour ne pas y être inclus;

3. pour l'ensemble de la famille, les comparaisons de caractères distinctifs n'ont été jusqu'à présent que très partielles, seule une étude statistique de certains caractères pour une partie de la famille a été réalisée;

4. aucune étude cladistique permettant de distinguer les caractères phylogénétiquement valables n'a été réalisée, leur hiérarchisation reste donc très subjective.

Il nous semble donc que dans l'état actuel, la seule solution qu'il soit possible d'adopter, dans l'attente d'une révision complète de la famille, est de considérer les espèces méditerranéennes comme des *Talorchestia* (sensu auctorum).

REMERCIEMENTS — Nous remercions vivement les docteurs A. Ugolini et M. Daccordi de nous avoir confié ce matériel de grand intérêt et d'en avoir récolté suffisamment afin de permettre une description valable.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLAN-SANTINI D. & S. RUFFO, 1986. Une nouvelle espèce de *Talorchestia* des côtes de Sardaigne (Crustacea, Amphipoda, Talitridae). *Boll. Mus. civ. St. nat. Verona* **12** : 405-410.
- BOUSFIELD E.L., 1982. The Amphipod Superfamily Talitroidea in the Northeastern Pacific Region. I. Family Talitridae: Systematics and distributional Ecology. *Nation. Mus. Canada Publ. Biol. Ocean.* **11** : 1-73.
- BULYCHEVA A.J., 1957. Amphipoda Talitroidea. *Opred. Faune SSSR* **65** : 1-186.
- CHEVREUX E., L. FAGE, 1925. Amphipodes. Faune de France **9**, Paris 488 p.
- LINCOLN R.J., 1979. British Marine Amphipoda: Gammaroidea. British Museum (Natural History), London 658 p.
- MORINO H. & H. MIYAMOTO, 1988. Redefinition of *Talorchestia* (Amphipoda: Talitridae) with description of a new species from the Tropical West Pacific. *J. Crust. Biol.* **8** (1) : 91-98.
- VADER W., 1970. *Talorchestia brito* Stebbing (Amphipoda, Talitridae): notes on distribution, taxonomy and biology. *Sarsia* **42** : 83-96.

Reçu le 21 juillet 1989; received July 21, 1989
 Accepté le 12 avril 1990; accepted April 12, 1990

LE PEUPELEMENT DE POLYCHÈTES D'UN PETIT BASSIN SAUMATRE DE L'ILE D'ELBE (MER MÉDITERRANÉE)

Polychaetes assemblage of a small brackish Basin in Elba Island (Mediterranean Sea)

C. LARDICCI

Département des Sciences de l'Environnement et du Territoire, Via Volta 4, 56126 Pise, Italie

POLYCHÈTES
MACROBENTHOS
EAUX SAUMATRES
DYNAMIQUE
MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

RÉSUMÉ – Cette étude porte sur la distribution et la dynamique du peuplement des Polychètes dans un petit bassin saumâtre de l'île d'Elbe. La distribution des Polychètes s'ordonne nettement suivant le gradient d'instabilité du milieu qui s'étend de l'aire la plus externe (donc la plus soumise à l'influence marine) vers l'aire la plus interne (donc la plus confinée). La persistance du peuplement des zones les plus internes doit être attribuée aux caractéristiques communes des espèces les plus abondantes comme par exemple un haut niveau de recrutement, un développement rapide, un remarquable taux de mortalité, etc... Ces caractéristiques doivent être considérées comme des stratégies d'adaptation qui permettent une colonisation rapide après la reproduction; en outre, elles laissent supposer que la colonisation de ce milieu est due à un groupe d'espèces pionnières typiquement opportunistes qui inhibent l'établissement ultérieur d'autres espèces entrant en compétition pour l'espace et pour l'alimentation.

POLYCHAETES
MACROBENTHOS
BRACKISH WATER
DYNAMIC
WESTERN MEDITERRANEAN

ABSTRACT – The distribution and the dynamic of Polychaetes assemblage of a small brackish basin of Elba Island have been studied. Polychaetes assemblage shows a sharp distribution along an environmental gradient from the outer to the inner zone of the study area. The persistence of this assemblage is due to the adaptive strategies (high recruitment rate, high mortality rate, rapid larval development, etc...) of the most abundant species. Results suggest the fact that the colonization of this environment is due to a pool of opportunistic « pioner species » which inhibit the subsequent settlement of other species by preemption of food and space resources.

INTRODUCTION

Les recherches récentes portent sur des milieux saumâtres de faible extension situés dans des zones limitées de l'Archipel Toscan (Curini-Galletti *et al.* 1985). Ces recherches ont souligné l'importance d'un ensemble de facteurs (influence marine et état trophique général) qui contrôlent directement la distribution des Polychètes. Ces milieux saumâtres présentent en général un petit nombre d'espèces, des peuplements souvent tout à fait différents et constitués d'espèces présentes dans un biotope et absentes dans un autre (Castelli *et al.* 1988). L'objectif de ce travail est l'étude dans un de ces milieux saumâtres particuliers de la dynamique du peuplement de Polychètes au cours d'un an d'observation. La recherche avait donc deux buts principaux : 1) l'étude de la zonation du peuplement de Polychètes. 2) l'analyse de l'évolution de la structure du peuplement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'aire étudiée, située dans la Baie de Portoferraio (île d'Elbe), est un canal de drainage de 100 m de long et de 5 m de large qui s'ouvre sur un bassin peu profond (60 cm), avec une surface d'environ 6400 m², délimité par un barrage qui ne permet l'échange des eaux (environ 384 000 m³ par cycle moyen de marées) qu'à marée haute (Fig. 1).

L'ouverture du canal se trouve à 100 m environ de la mer. On a établi 3 stations fixes de récolte. La première (St.1), la plus interne du canal se trouve à 250 m environ de la mer; son substrat est sablo-vaseux. La 2^e (St.) est située à l'intérieur du bassin à 50 m environ de la mer; son substrat est sablo-vaseux. La 3^e est située en mer, près du barrage; son substrat est sablo-vaseux. Échantillons prélevés avec une benne avec fermeture à dé clic (type Ekman sur une sur-

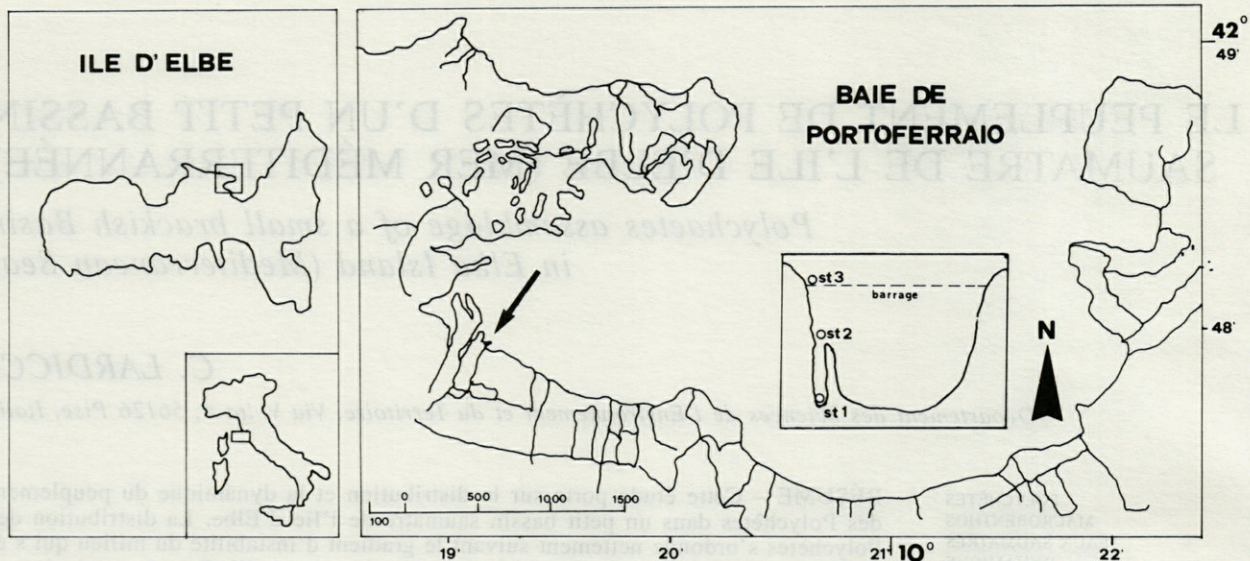


Fig. 1. - Aire d'étude et stations d'échantillonnage.
Study area and sampling stations.

Tabl. 1. Liste taxonomique des espèces récoltées.
Taxonomic list of collected species.

	ma851	ma852	ma853	mi851	mi852	mi853	ju851	ju852	ju853	se851	se852	se853	no851	no852	no853	ja861	ja862	ja863
ORBINIDAE																		
<i>Naineris laevigata</i> (Grube, 1855)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARANOIDAE																		
<i>Arctidea catherinae</i> Laubier, 1967	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cirrophorus furcatus</i> (Hartman, 1957)	0	0	0	0	1	1	0	11	9	0	7	6	0	7	10	0	5	0
SPIONIDAE																		
<i>Halaeoceris fuliginosus</i> (Claparède, 1870)	0	18	0	0	49	4	0	60	27	0	40	10	1	22	15	0	51	5
<i>Spio doornatus</i> Bobretsky, 1870	0	2	0	0	12	0	0	36	0	0	16	2	0	9	0	0	46	0
<i>Spio filioormis</i> (Müller, 1776)	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Spiohans bombix</i> (Claparède, 1870)	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polydora ciliata</i> (Johnston, 1838)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Streblospio shrubsolii</i> (Buchanan, 1890)	584	38	9	708	354	45	699	420	2	1050	316	1	1055	144	14	599	537	0
CIRRATULIDAE																		
<i>Cirriformia tentaculata</i> (Montagu, 1808)	0	6	51	0	31	233	0	47	7	0	253	2	0	222	41	1	67	0
CAPITELLIDAE																		
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	0	18	0	1	48	38	0	409	2	9	100	2	8	7	20	0	52	5
<i>Capitomastus minimus</i> (Langerhans, 1881)	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	0	0	8	0	0	18	0	3	7	0	0	2	0	0	0	0	0	1
<i>Notomastus lateralis</i> Sars, 1851	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
PHILLODOCIDAE																		
<i>Phyllococe</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SYLLIDAE																		
<i>Syllis prolifera</i> Krohn, 1852	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eusyllis astimilis</i> Marenzeller, 1875	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	36	1	0	4	1	0	0	0
<i>Pionosyllis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brania oculata</i> Hartman - Schröder, 1960	0	0	0	0	3	0	0	1	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0
<i>Parapionosyllis minuta</i> (Pierantoni, 1903)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parapionosyllis labronica</i> Cognetti, 1965	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sphaerosyllis austriaca</i> Banse, 1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerosyllis hystrix</i> Claparède, 1863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Ezogone naidina</i> Oersted, 1845	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Autolytus benazzii</i> Cognetti, 1953	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEREIDAE																		
<i>Nereis caudata</i> (Delle Chiaje, 1828)	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Nereis diversicolor</i> Müller, 1776	38	10	0	167	7	0	41	3	0	15	0	53	0	0	17	0	0	0
<i>Parinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	0	92	3	0	28	19	0	69	1	0	46	0	0	14	1	0	39	0
<i>Parinereis olivacea</i> (Borst, 1889)	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
LUMBRINEREIDAE																		
<i>Lumbrineris latreilli</i> Audoin et M-Edwards, 1835	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ARABELLIDAE																		
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DORVILLEIDAE																		
<i>Pattinobesia urticensis</i> Campoy et San Martín, 1980	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protodorvillea kefersteini</i> (Mc Intosh, 1869)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schistocamptopus rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1825)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SABELLIDAE																		
<i>Fabrizia filamentosa</i> Day, 1963	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Daedemna ornata</i> Banse, 1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	2	0

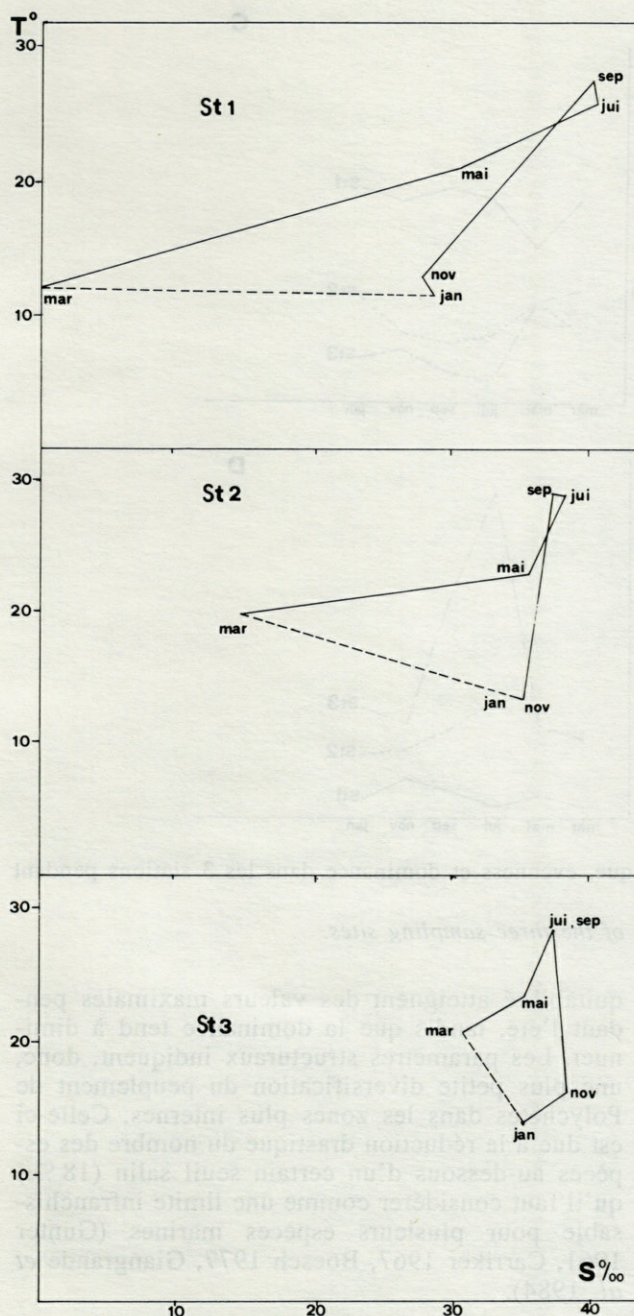


Fig. 2. — Valeurs de la température et de la salinité dans les 3 stations échantillonnées.

Temperature and salinity values of the three sampling sites.

face d'échantillonnage de 225 cm² pour 10 l de sédiment sont passés à travers une série de tamis (dimension la plus faible 0.5 mm). Matériel fixé au formol à 4 %; Polychètes triés au laboratoire.

La salinité et la température sont mesurées sur place avec un salinomètre Beckmann. Les prélèvements sont effectués avec une fréquence bimensuelle en mars, mai, juillet, septembre, novembre 1985 et en janvier 1986.

Pour chaque station, on a déterminé le nombre d'individus de chaque espèce présente. Analyse des paramètres structuraux des communautés : indice de diversité de Shannon-Weaver (H), indice de richesse spécifique de Margaleff (D), indice d'équitabilité (evenness) de Piéluou (J) et indice de dominance de Simpson (Odum, 1971) sont calculés. On a en outre traité les données par les techniques multivariées d'ordonnance et de classification proposées par Zurlini (1983) : analyse factorielle des correspondances (Benzecri, 1982), classification des espèces et des stations selon l'analyse spatiale proposée par Wildi (1979); signification des axes testée avec la méthode de Lebart (1975).

RÉSULTATS

Les fluctuations les plus importantes de la température et de la salinité de l'année ont lieu à la station 1 avec des valeurs de salinité qui varient de 0,05 à 38 ‰ tandis que les valeurs de la température varient de 8 à 27°C. A la station 2 la salinité oscille de 14,3 à 38 ‰ et la température de 12 à 27°C. La station 3 présente des caractéristiques plus proches de celles que l'on trouve en mer ouverte avec des fluctuations de 30 à 37 ‰ pour la salinité et de 12 à 25°C pour la température.

Distribution des espèces

On a recensé 37 espèces représentées par 9537 individus et appartenant à 10 familles; familles les plus représentées : Spionidés, Capitellidés, Syllidés et Néréidés. Leur distribution, est très variée dans chaque station (Tabl. I).

A la station 1 on trouve 7 espèces : *Streblospio shrubsolii* et *Nereis diversicolor* dominant et leur présence est constante toute l'année. *Capitella capitata* est faiblement représentée, il faut par contre souligner, en novembre la présence du Sabellide *Desdemona ornata* dont quelques exemplaires avaient été signalés pour la 1^{ère} fois en Méditerranée dans la rade de Portoferraio (Lardicci et Castelli, 1986).

Station 2 : 14 espèces dont les plus nombreuses sont *S. shrubsolii* et *Cirrifurca tentaculata*; *N. diversicolor*, *Malacoceros fuliginosus*, *Spio decuratus*, *Perinereis cultrifera* et *Eusyllis assimilis* sont constamment présentes tandis que *C. capitata* présente des fluctuations nettes. On assiste de façon générale à l'augmentation des espèces et des individus (14 espèces et 1089 individus).

Station 3 : 32 espèces et 709 individus; *S. shrubsolii* n'y est pas aussi abondante que dans les autres stations, elle tend même à se raréfier

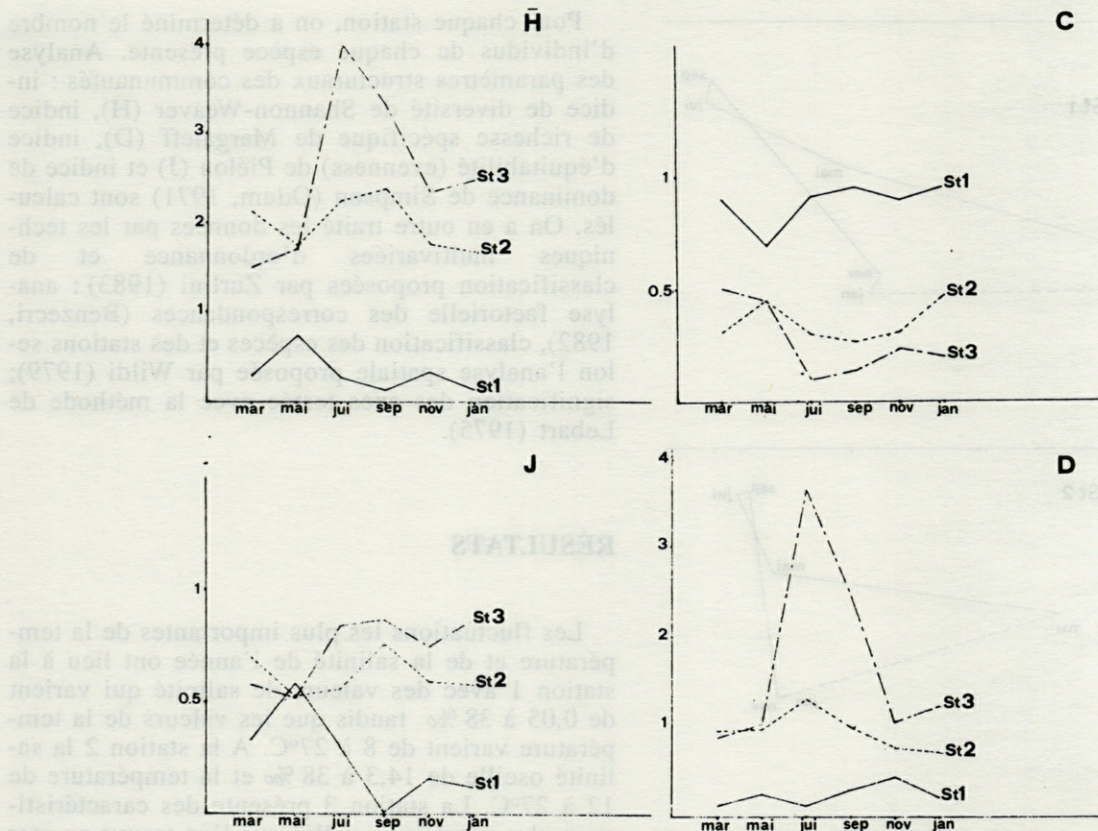


Fig. 3. — Evolution de l'indice de diversité, richesse spécifique, evenness et dominance dans les 3 stations pendant la période de recherches.

Diversity, specific richness, evenness and dominance trends of the three sampling sites.

en hiver. Parmi les Spionidés, il faut remarquer la présence de *M. fuliginosus*; espèce dominante : *C. tentaculata*. A cette station se trouvent également de nombreuses espèces sténohalines comme *Syllis prolifera*, *Aricidea catherinae*, *Parapionosyllis labronica*, *Syllis hystrix*.

Analyse des peuplements

L'analyse des indices de diversité, de la richesse spécifique, de la dominance et de l'équitabilité met en évidence le fait que la structure des peuplements des 3 stations est très différente et que cette différence est constante dans le temps (Fig. 3).

La station 1 présente de façon générale une diversité spécifique, une richesse spécifique et une équitabilité inférieure à celles des stations 2 et 3. Les valeurs de dominance sont toujours supérieures à celles des 2 autres stations. Les valeurs des paramètres se rapportant à la station 2 occupent une position intermédiaire entre celles des 2 autres stations; la station 3, de façon générale, présente les valeurs des indices supérieures à celles des 2 autres stations et comme on l'avait remarqué pour la station 2, la diversité, la richesse et l'é-

quitabilité atteignent des valeurs maximales pendant l'été, tandis que la dominance tend à diminuer. Les paramètres structuraux indiquent, donc, une plus petite diversification du peuplement de Polychètes dans les zones plus internes. Celle-ci est due à la réduction drastique du nombre des espèces au-dessous d'un certain seuil salin (18 ‰) qu'il faut considérer comme une limite infranchissable pour plusieurs espèces marines (Gunter 1961, Carriker 1967, Boesch 1977, Giangrande *et al.* 1984).

Les données numériques, organisées dans une matrice, ont été traitées à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances. Dans cette élaboration, basée sur la méthode proposée par Carrada *et al.* (1981), on a retiré les espèces rares pour éliminer le « bruit de fond ». Le modèle obtenu (en analysant la distribution de 20 espèces) ne présente que les 2 premiers axes significatifs. Ceux-ci expriment 54 % de la variance totale (Fig. 4).

Les points qui représentent les stations se distribuent par rapport au premier axe de la manière suivante : la station 1 se situe du côté négatif de cet axe, la station 2 occupe une position intermédiaire et la station 3 se trouve, elle aussi, du côté négatif. Cet axe exprime surtout l'ensemble des facteurs écologiques qui contrôlent la zonation des

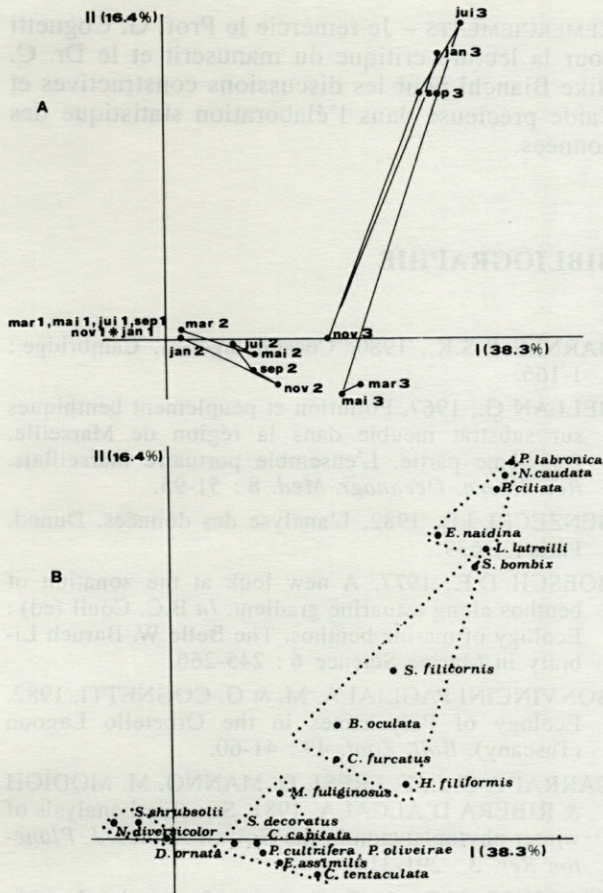


Fig. 4. — A, Modèle d'ordonnance dans le plan des deux premiers axes obtenus par l'analyse factorielle des correspondances en ce qui concerne les points stations. B, Modèle d'ordonnance dans le plan des deux premiers axes obtenus par l'analyse factorielle des correspondances.

A, Ordination model of the station-point in the plane of the first two axes obtained by correspondence analysis. B, Ordination model of the species points in the plane of the first two axes obtained by correspondence analysis.

organismes de l'extérieur à l'intérieur de la zone examinée. Cette zonation est constante dans le temps même pendant les fluctuations saisonnières de chaque espèce. Le second axe traduit essentiellement les fluctuations temporelles des stations au cours des différents mois de prélèvements; la station 1 montre des oscillations dans le temps peu visibles: pratiquement les points-stations sont tous au même niveau. La station 2 présente des fluctuations le long du 2^e axe avec des points qui se rapprochent du côté positif en novembre, en mai et en septembre vers des points de la station 3; on assiste à un mouvement, contraire vers la station 1, pendant les mois de juillet, mars et février. La station 3 varie fortement: de l'aire négative du 2^e axe jusqu'à l'extrémité positive on assiste à un mouvement qui dure de mars en mai et juillet et qui se déplace en novembre vers la partie inférieure du modèle; il remonte enfin en

janvier. Les points se rapportant aux espèces, ont été organisés grâce à la méthode spatiale de Wildi (1979) en 4 groupes essentiels le long du 1^{er} axe (Fig. 4B):

— Groupe I (*N. diversicolor*, *S. shrubsolii*, *D. ornata*) lié surtout à la station 1, avec *D. ornata* située en position intermédiaire.

— Groupe II (*M. fuliginosus*, *S. decoratus*, *C. capitata*, *P. cultrifera*, *P. oliveirae*, *E. assimilis* et *C. tentaculata*) formé surtout d'espèces liées à la station 3.

— Groupe III (*S. filicornis*, *C. furcatus*, *H. filiformis*, *B. oculata*) constitué d'espèces en position intermédiaire entre la station 2 et la station 3.

— Groupe IV (*L. latreilli*, *E. gemmifera*, *P. ciliata*, *N. caudata*, *P. labronica*) lié surtout à la station 3.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

D'après l'ensemble des données citées il résulte que:

1) l'analyse de l'évolution temporelle, montre que dans la zone la plus interne, une plus forte persistance du peuplement dans le temps correspond à une plus grande variabilité des paramètres du milieu et que les plus fortes fluctuations se vérifient à la station la plus externe. Cependant cette station ne présente pratiquement aucune variation, restant constante dans le temps. La station 2 présente des fluctuations cycliques et périodiques qui reviennent aux conditions initiales et qui mettent en évidence un état essentiellement stationnaire, avec des fluctuations que l'on peut attribuer à un groupe d'espèces particulières à la station (groupe II de l'analyse des grappes et à un groupe d'espèces se distribuant station 2 et station 3 (gr. III). Cette station joue le rôle de charnière entre les stations 1 et 3. Cette dernière présente un mouvement temporel qui laisse présupposer une évolution ouverte qui peut être interprétée comme une véritable succession et qui se dirige vers de nouveaux équilibres de la structure qualitative et quantitative du peuplement, au moins en ce qui concerne la période d'échantillonnage avec l'implantation d'espèces provenant de l'aire interne d'une part et d'espèces provenant de l'aire externe d'autre part.

2) L'analyse de la distribution des Polychètes indique la présence d'espèces caractéristiques pour chaque station. 2 espèces de la station la plus interne ont des stratégies d'adaptation différentes: *S. shrubsolii*, avec un cycle de vie court, une période limitée de la phase larvaire, des soins parentaux et des larves benthiques (Cazaux, 1984; Grassle & Grassle, 1974), présente toutes les caractéristiques importantes pour permettre une co-

l'ionisation rapide après la reproduction (Levin, 1984; Whitlatch et Zajac, 1985); *N. diversicolor* a un cycle de vie plus long et réagit aux variations du milieu avec une extrême tolérance de ses processus osmorégulateurs (Gray 1981).

La station 2 présente, soit des espèces à stratégie r et typiques des milieux riches en substances organiques comme par ex. *C. capitata*, *M. fuliginosus*, *S. decoratus* (Bellan, 1967; Guérin 1972; Rasmussen 1973), soit des espèces comme *E. assimilis* typiquement sténohalines et d'eaux oligotrophiques.

A la station 3, on remarque la présence d'espèces comme *P. ciliata* et *N. caudata* qui sont considérées comme espèces opportunistes (Dorsett 1961; Gray 1981; Bonvicini Pagliai et Cognetti, 1982) vivant avec des espèces comme *P. labronica*, *E. naidina*, *L. latreilli* qui sont typiques des fonds infralittoraux. La présence dans cette station de *P. ciliata* espèce euryhaline qui se déplace vers les zones plus internes dans les grands bassins, laisse supposer que des interactions inhibitrices peuvent se développer entre les espèces opportunistes (Whitlatch et Zajac, 1985) en ce qui concerne les ressources alimentaires trophiques.

Dans ce biotope saumâtre les peuplements de Polychètes montrent une intense polarisation tout au long d'un gradient d'instabilité s'étendant de l'aire centrale vers la plus externe (plus soumise à l'influence marine) et vers l'aire la plus interne plus confinée et qui résume l'ensemble de la variabilité des facteurs physiques ainsi qu'il a été constaté dans les bassins saumâtres de plus grandes dimensions (Sacchi, 1985; Lardicci *et al.* 1988).

La plus grande persistance du peuplement dans les zones plus internes doit être attribuée à certaines caractéristiques des espèces les mieux représentées : un recrutement à haut niveau, un développement rapide, une petite taille, une stratégie trophique essentiellement deposit feeder, une protection, des embryons et des larves benthiques (McCall, 1977).

L'absence d'espèces typiques des milieux saumâtres comme *F. enigmaticus* dans zone la plus interne et la présence d'espèces comme *P. ciliata* et *N. caudata*, limitées à la zone plus externe, peuvent faire penser que la colonisation de ce milieu est due à un groupe d'espèces pionnières opportunistes, qui empêchent l'installation d'autres espèces entrant en compétition pour l'espace et l'alimentation.

Les futures recherches se rapportant à la dynamique de ces biotopes, devront donc essayer d'éclaircir aussi le rôle des facteurs biotiques interagissant avec les facteurs abiotiques qui déterminent la distribution spatiale des communautés et qui influencent leur évolution dans le temps.

REMERCIEMENTS – Je remercie le Prof. G. Cognetti pour la lecture critique du manuscrit et le Dr. C. Nike Bianchi pour les discussions constructives et l'aide précieuse dans l'élaboration statistique des données.

BIBLIOGRAPHIE

- BARNES R.S.K., 1980. Coastal lagoons. Cambridge : 1-166.
- BELLAN G., 1967. Pollution et peuplement benthiques sur substrat meuble dans la région de Marseille. Deuxième partie. L'ensemble portuaire marseillais. *Rev. Intern. Oceanogr. Med.* **8** : 51-95.
- BENZECRI J.P., 1982. L'analyse des données. Dunod, Paris : 1-639.
- BOESCH D.F., 1977. A new look at the zonation of benthos along estuarine gradient. In B.C. Coull (ed) : Ecology of marine benthos. The Belle W. Baruch Library in Marine Science **6** : 245-266.
- BONVINCINI PAGLIAI A. M. & G. COGNETTI, 1982. Ecology of Polychaetes in the Orbetello Lagoon (Tuscany). *Boll. Zool.* **49** : 41-60.
- CARRADA G.C., E. FRESI, D. MANNO, M. MODIGH & RIBERA D'ALCALA, 1981. Structural analysis of winter phytoplankton in the Gulf of Naples. *J. Plankton Res.* **3** : 291-314.
- CARRIKER M.R., 1967. Ecology of estuarine benthic invertebrates : a perspective. In G.H. Lauff (ed.), Estuaries, American Association for the Advancement of Science **83** : 442-487.
- CASTELLI A., M. CURINI-GALLETTI & C. LARDICCI, 1988. Structure of benthic communities in brackish microhabitats : spatial and temporal variations. In Study of ecosystem modifications in area influenced by pollutants (activity I). Map Technical Reports Serie N. 22, UNEP Athens 1988, 19-46.
- CAZAUX C., 1985. Reproduction et développement larvaire de l'Annélide Polychète saumâtre *Streblospio shrubsolii* (Buchanan 1890). *Cah. Biol. Mar.* **26** : 207-211.
- CURINI-GALLETTI M., A. CASTELLI & C. LARDICCI, 1985. La fauna dei microhabitat salmastri delle isole d'Elba e di Capraia. *Ob.* **11** : 803-805.
- DORSETT P.A., 1961. The reproduction and maintenance of *Polydora ciliata* (Johnst.) at Whitstable. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **41** : 383-396.
- GIANGRANDE A., M.F. GRAVINA, M.C. GAMBI, E. FRESI & G. ARDIZZONE, 1983. Soft bottom Polychaetes sheltered coastal areas : factors of selection in brackish waters. *Nova Thalassia* **6** : 155-163.
- GRASSLE J.F. & J.P. GRASSLE, 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic Polychaetes. *J. Mar. Pes.* **32** : 253-284.
- GRAY J.S., 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge Studies in Modern Biology Press : 1-177.
- GUERIN J.P., 1972. Rapport taxonomique et développement larvaire de *Spio decoratus* Bobretzky 1871 (Annélide Polychète). *Cah. Biol. Mar.* **13** : 321-339.

- GUNTER G., 1961. Some relation of estuarine organisms to salinity. *Limnol. Oceanogr.* **6** : 182-190.
- LARDICCI C. & A. CASTELLI, 1986. *Desdemona ornata* Banse, 1957 (Polychaeta, Sabellidae, Fabricinae) new record in the Mediterranean Sea. *Oealia* **13** : 195-201.
- LARDICCI C., M. ABBIATI, R. CREMA, C. MORRI, A.M. BONVINCINI PAGLIAI, C.N. BIANCHI, R. ZUNARELLI VANDINI, A. CASTELLI & G. COGNETTI, 1988. The distribution of Polychaetes along environmental gradient in the Orbetello Lagoon (Italy). Abstract, 23^e Eur. Mar. Biol. Symp., Swansea, 5 th - 9 th Sept. 1988.
- LAUBIER L., 1962. Quelques Annélides Polychètes de la lagune de Venise. Description de *Prionospio caspersi*. *Vie Milieu* **13** : 123-159.
- LEBART L., 1975. Validité des résultats en analyse des données. Centre de Recherches et de documentation sur la consommation. Paris, 4465 : 1-157.
- LEVIN L.A., 1984. Life history and dispersal patterns in a dense infaunal Polychète assemblage : community structure and response to disturbance. *Ecol.* **65** : 1185-1200.
- McCALL P.L., 1977. Community Patterns and adaptive strategies of the infaunal benthos of Long Island Sound. *Journ. Mar. Res.* **35** : 221-266.
- ODUM E.P., 1971. *Fundamental of Ecology*. B. Sanders company. Philadelphia, London, Toronto : 1-584.
- RASMUSSEN, 1973. Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark). *Ophelia* **11** : 1-495.
- SACCHI C.F., 1985. Le sel de la Palice : réflexions sur le paralin méditerranéen. *Mém. Biol. Mar. Oc.* **15** : 71-89.
- WHITLATCH R.B. & R.N. ZAJAC, 1985. Biotic interactions among estuarine infaunal opportunistic species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **21** : 299-311.
- WILDI O., 1979. Grid a space density analysis for recognition of noda vegetation samples. *Vegetatio* **41** : 95-100.
- ZURLINI G., 1983. Applicazioni di metodi multivariati all'analisi ecologica. In un esempio di analisi ecologica del sistema marino costiero da Capo Circeo all'Isola d'Ischia, ENEA, 13-32.

Reçu le 27 janvier 1990; received January 27, 1990
 Accepted le 1^{er} juin 1990; accepted June 1, 1990

ANALYSES D'OUVRAGES / BOOK REVIEWS

R.A. PATZNER, 1989. Meeresbiologie – anleitung zu praktischen arbeiten. Verlag Stephanie Nagelschmid, Stuttgart, 170 p. DM 42,00.

Cette « Biologie marine », dont le sous-titre « Guide pour travaux pratiques » situe le but de l'ouvrage, est le résultat de longues années d'expérience de chercheur et d'enseignant dans le domaine de la biologie du littoral. Le livre s'adresse aux étudiants comme aux encadrants de stages de biologie marine, mais il sera également utile aux amateurs de plongée et aux aquaristes avertis.

Le premier chapitre, très succinct, traite des préparatifs indispensables à un séjour d'étude au bord de la mer, et du déroulement d'un stage « standard » organisé dans une station marine.

Le deuxième chapitre, également bref, est consacré à l'équipement qui doit être apporté en stage, des effets personnels aux outils de prélèvement légers et appareils de mesure.

Le troisième chapitre traite des facteurs physiques et chimiques : mesures de la lumière et de la profondeur, de la turbidité de l'eau, de la température, des mouvements de l'eau, de la salinité, de la teneur en oxygène et du pH.

La partie principale du livre (de la p. 39 à la p. 167) est placée sous l'intitulé « Facteurs biologiques » – ce qui n'est pas tout à fait convaincant, puisque 4 l traite des « Méthodes d'investigation » (cartographie, plongée libre et en scaphandre autonome, photographie, statistiques, dangers et mesures de sécurité...). C'est seulement à partir du sous-chapitre 4.2 sur les « Zones d'investigation » (substrats, étagements...) que l'on entre dans le vif du sujet des facteurs biologiques. Le sous-chapitre 4.3 est consacré aux biocénoses du plancton et du microbenthos. Quant à ce dernier, le lecteur est renvoyé à la partie 4.2 pour le microbenthos des substrats meubles.

Le sous-chapitre 4.4 (une soixantaine de pages) traite enfin de divers groupes d'animaux et de végétaux (avec les bactéries !), de leur biologie, et surtout des possibilités qu'ils offrent dans le cadre de travaux pratiques. Il s'agit évidemment d'un choix très restreint de thèmes abordés. Mais à la lecture du livre, très riche en informations, on a parfois l'impression que la sélection est poussée trop loin lorsqu'il s'agit des grandes lignes de la biologie marine et de la terminologie indispensable. Pour donner un exemple, il faut se demander

pourquoi le benthos est cité uniquement sous forme de « microbenthos », comme si le macrobenthos n'existait pas; on cherche en vain des termes tels que pélagos ou pélagiques, necton ou nectonique... Certes, tous ces termes figurent dans les ouvrages cités dans la littérature donnée sous forme de listes bibliographiques accompagnant les chapitres et sections, mais avec un petit effort supplémentaire (p. ex. glossaire, modification du chapitre 3), l'auteur pourrait fournir – ou rappeler – au lecteur les notions de base sur les relations qui existent entre le littoral (domaine principalement représenté dans cet ouvrage) et le large dans ses diverses formes. Une future édition devrait combler ces lacunes.

Ce petit livre bien illustré peut être recommandé aux encadrants de stages de biologie marine, notamment à ceux qui sont appelés à organiser un stage en zone littorale et qui n'ont pas encore toute l'expérience nécessaire à la réussite d'une telle entreprise.

S.V. BOLETZKY

P. BANARESCU, 1990. Zoogeography of Fresh Waters. En 3 volumes. Vol. 1 : General distribution and dispersal of freshwater animals; 511 pp. AULA-Verlag, Wiesbaden. Prix de subscription pour les 3 volumes : DM 480 (DM 560 après publication du vol. 3).

Dans l'histoire de la zoogéographie cet ouvrage est le premier livre consacré aux eaux douces à l'échelle mondiale. Il est remarquable qu'un tel livre ait pu être réalisé de nos jours par un seul auteur et non par une équipe.

Le vol. 1, actuellement publié, s'occupe des aspects les plus généraux. Le vol. 2 sera dédié à la Région Holarctique – Amérique du Nord – Subrégion Euro – Méditerranéenne – Sibérie et zones adjacentes – Région Sino – Indienne – Subrégion Est Asiatique – Subrégion de Haute Asie – Subrégion Sud Asiatique – zone intermédiaire Ouest Asiatique. Le 3^e vol. inclura l'information sur l'Afrique – Madagascar et ses îles satellites – Amérique du Sud – zones intermédiaires Centro – Américaine et Caraïbe – Région Australienne – Nouvelle Zélande – zones Indo – Ouest Pacifique et Circum Antarctique; il comprendra aussi des conclusions générales sur la distribution actuelle et l'histoire ayant abouti à cette distribution des

animaux des eaux continentales, ainsi que la bibliographie et les index pour les 3 volumes.

La 1^{ère} partie du vol. 1 (« General considerations on biogeography, zoogeography and freshwater zoogeography ») est une introduction théorique. Sont ici passés en revue des problèmes comme les branches de la zoogéographie, ses relations avec d'autres sciences, plusieurs aspects fondamentaux de la zoogéographie historique, les diverses écoles biogéographiques contemporaines, les caractéristiques biogéographiques fondamentales des faunes d'eau douce. Il s'agit d'une présentation équilibrée, non-dogmatique, ouverte vers tous les horizons, reconnaissant les mérites des précurseurs : une lecture rafraîchissante dans le contexte contemporain ! L'auteur apporte des contributions originales (en général initialement publiées dans des périodiques assez difficilement accessibles) dans des domaines comme : l'interpénétration de la zoogéographie, de l'étude de la spéciation et de l'évolution; le concept de centres d'origine; la vicariance et la dispersion chez les animaux dulçaquicoles; la nécessité d'une approche synthétique en biogéographie historique et évolutive. Dans ce livre, approches analytique et synthétique sont également utilisées, interprétations « vicarianistes » et « dispersalistes » des distributions sont adoptées avec discernement. Fermement convaincu du fait que la dérive des continents est l'élément décisif dans l'explication de très nombreuses distributions, l'auteur admet aussi que beaucoup de dispersions ont eu lieu à des époques plus récentes, en l'absence de modifications profondes dans la position des continents. Il est persuadé que la spéciation chez les animaux biparentaux est exclusivement allopatrique, que la vicariance est toujours un phénomène de courte durée : idées que je ne partage pas. Il est modérément critique dans la présentation des diverses écoles contemporaines en biogéographie. Son plaidoyer pour la nécessité et la possibilité d'une approche synthétique dans ce domaine – caractérisé par des écoles qui s'ignorent réciproquement – est particulièrement convaincant.

Les groupes animaux suivants sont traités dans les 3 volumes (mais non dans cet ordre) : Porifera, Turbellaria, Archiannelida et Polychaeta, Oligochaeta, Hirudinea, Bivalvia, Prosobranchia, Pul-

monata, Anostraca, Conchostraca, Calanoida, Sycarida, divers ordres de Peracarida, Decapoda, plusieurs groupes de Vers ou de Crustacés parasites ou commensaux, Plecoptera, Trichoptera, Blephariceridae, « Hydracarina », Poissons. Les parties relatives aux Poissons sont les plus vastes : en effet, la signification zoogéographique de ceux-ci est exceptionnelle, et l'auteur est un ichtyologiste bien connu. Ce choix de groupes est sans doute judicieux, car ceux-ci sont les plus significatifs pour la zoogéographie; il est cependant possible que d'aucuns regrettent l'absence ou uniquement une sommaire mention de certains autres groupes (pour donner deux exemples personnels : Harpacticoida, Chironomidae). Pour chaque groupe les aspects suivants sont traités : classification, phylogénie, signification et problèmes biogéographiques; distribution actuelle; histoires de ces distributions.

Le livre a un caractère encyclopédique évident : d'aucuns apprécieront (j'appartiens à cette catégorie), tandis que d'autres vont considérer ceci comme un sérieux défaut.

Des erreurs ou lacunes inévitables (ou compréhensibles) sont, évidemment, celles dues aux modifications en cours en systématique et en phylogénie, à la découverte de taxa nouveaux, aux progrès des connaissances sur les distributions. Des erreurs relativement nombreuses, en général mineures, mais parfois vraiment désagréables, auraient pu être évitées par la correction minutieuse des épreuves.

Nous avons devant nous un livre bien – mais non luxueusement – présenté, facile à manier, dans lequel il est aisé de trouver quelque chose même en l'absence provisoire des index. Un nombre remarquablement élevé de cartes de distribution (386 pour les 3 volumes) représente l'illustration; celles-ci sont en général bien imprimées, mais certaines ont probablement été trop réduites.

Ce livre est une étape importante dans l'histoire de la biogéographie, résultat d'un énorme effort, et un « must » pour tous ceux qui s'intéressent à la distribution et à l'histoire des animaux des eaux continentales, à la biogéographie en général.

L. BOTOSANEANU

monna, Anostraca, Conchostraca, Calanoida, Siphonocysta, divers ordres de Rotatoria, Decapoda, plusieurs groupes de Verrucida ou de Crustacea parasites ou commensaux, Pteropoda, Tricopoda, Bivalvia, Nudibranchia, « Hydracarina », Poissons. Les parties relatives aux Poissons sont les plus vastes : en fait, la signification zoogéographique de ceux-ci est exceptionnelle, et l'auteur est un ichthyologiste bien connu. Ce choix de groupes est sans doute judicieux, car ceux-ci sont les plus significatifs pour la zoogéographie; il est cependant possible que d'autres regroupements de certains autres groupes (pour donner deux exemples pertinents : Haptophyta, Chironomidae). Pour chaque groupe les aspects suivants sont traités : classification, phylogénie, signification et problèmes biogéographiques; distribution actuelle; histoire de ces distributions.

Le livre a un caractère encyclopédique évident; d'aucuns apprécieront l'appartenance à cette catégorie, tandis que d'autres vont considérer ceci comme un sérieux défaut.

Des erreurs ou lacunes inévitables (ou corrigibles) sont évidemment celles dues aux modifications en cours ou systématisées et en phylogénie, à la découverte de taxa nouveaux, au progrès des connaissances sur les distributions. Des erreurs relativement nombreuses, en général mineures, mais parfois vraiment désagréables, ont pu être évitées par la correction minutieuse des épreuves.

Nous avons devant nous un livre bien - mais non incontestablement - présenté, facile à manier, dans lequel il est aisé de trouver quelque chose même en l'absence préalable des index. Un nombre remarquablement élevé de cartes de distribution (136 pour les 3 volumes) répètent l'illustration; celles-ci sont en général bien imprimées, mais certaines ont probablement été trop réduites.

Ce livre est une étape importante dans l'histoire de la biogéographie, résultat d'un énorme effort, et un « must » pour tous ceux qui s'intéressent à la distribution et à l'histoire des animaux des eaux continentales; la biogéographie en général.

J. BOTOSANIANU

animaux des eaux continentales, ainsi que la biogéographie et les index pour les 3 volumes.

La 1^{re} partie du vol. 1 (« General considerations on biogeography, zoogeography and freshwater zoogeography ») est une introduction théorique. Son rôle est passé en revue des problèmes comme les branches de la zoogéographie, ses relations avec d'autres sciences, plusieurs aspects fondamentaux de la zoogéographie historique, les caractéristiques biogéographiques fondamentales des faunes d'eau douce. Il s'agit d'une présentation équilibrée, non-dogmatique, ouverte vers tous les horizons, reconnaissant les mérites des précurseurs; une lecture rafraîchissante dans le contexte contemporain! L'auteur apporte des contributions originales (en général initialement publiées dans des périodiques assez difficilement accessibles) dans des domaines comme : l'intégration de la zoogéographie de l'étude de la spéciation et de l'évolution; le concept de centres d'origine; la vicariance et la dispersion chez les animaux d'eau douce; la nécessité d'une approche synthétique en biogéographie historique et évolutive. Dans ce livre, approches analytiques et synthétiques sont également utilisées, interprétations « vicariantes » et « dispersalistes » des distributions sont abordées avec discernement. Ferme conviction du fait que la dérive des continents est l'élément décisif dans l'explication de très nombreuses distributions. L'auteur admet aussi que beaucoup de distributions ont eu lieu à des époques plus récentes, en l'absence de modifications profondes dans la position des continents. Il est persuadé que la spéciation chez les animaux d'eau douce est exclusivement allopatrique, que la vicariance est toujours un phénomène de courte durée; idées que je ne partage pas. Il est modestement critique dans la présentation des diverses écoles contemporaines en biogéographie. Son plaidoyer pour la nécessité et la possibilité d'une approche synthétique dans ce domaine - caractérisé par des écoles qui ignorent réciproquement - est particulièrement convaincant.

Les groupes animaux traités sont traités dans les 3 volumes (mais non dans cet ordre) : Poissons, Pteropoda, Annelida et Polychaeta, Oligochaeta, Rotatoria, Bivalvia, Tricopoda, Pylaeo-

Directeur général de la publication : A. GUILLE

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.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

TEXTE

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

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

Chaque manuscrit comportera :

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

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

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

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

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

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

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

ILLUSTRATIONS

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

Regrouper les similis (photographies, lavis...) en planches. Employer une échelle graphique qui sera réduite avec la figure, et un lettrage par transfert. Tableaux et planches similis sont numérotés de I à N en chiffres romains. Limiter le nombre de 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.

Les tirages à part, facturés directement par l'imprimeur, doivent être commandés dès réception de l'imprimé spécial joint aux épreuves.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

TEXT

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

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

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

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

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

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

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

Footnotes and acknowledgments should be as brief as possible.

ILLUSTRATIONS

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

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

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

GALLEY-PROOFS AND REPRINTS

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

Reprints can be ordered by using the form enclosed with the galley-proofs.

VIE ET MILIEU, 1991, 41 (2/3)

Life and Environment

SOMMAIRE – CONTENTS

Importance des Zostères (<i>Zostera noltii</i>) dans le bilan des métaux lourds du Bassin d'Arcachon <i>The importance of eelgrass (Zostera noltii) in the metal budget of the Arcachon Basin (French Atlantic Coast)</i>	J.C. WASSERMAN, J.C. DUMON, C. LATOUCHE	81
Identification des stades juvéniles de <i>Dorylaimopsis mediterranea</i> (Nematoda, Comesomatidae) <i>Identification of juvenile stages of Dorylaimopsis mediterranea (Nematoda, Comesomatidae)</i>	F. DE BOVEE	87
La reproduction de <i>Gobius niger</i> Linné, 1758 (Pisces, Gobiidae) dans la lagune de Mauguio – France : RGS, Fécondité, Ponte, Oeufs et Larves <i>Data about reproduction of Gobius niger Linné, 1758 (Pisces, Gobiidae) in Brackish Lagoon of Mauguio – France : GSR, Fecundity, Spawning, Eggs and Larvae</i>	J.C. JOYEUX, J.L. BOUCHEREAU, J.A. TOMASINI	97
Study of a vegetation gradient in the dunes of North-Spain	M. ONAINDIA, I. BENITO, M. DOMINGO	107
Foraminifères des herbiers de Posidonies de la Méditerranée Occidentale <i>Foraminifera of the fields of Posidonia in the western Mediteranean</i>	T. RIBES, M.P. GARCIA	117
Un logiciel de traitement des histogrammes de structure de population par la méthode des différences logarithmiques de Bhattacharya <i>Program for analysis of population structure histograms using Bhattacharya's method of logarithmic differences</i>	M. LEPETIT, S. LORANCHET, P. GILLET, J.M. MARION	127
Seasonal variation of DDT and PCB accumulation in muscle of carp (<i>Cyprinus carpio</i>) and eels (<i>Anguilla anguilla</i>) from the Ebro Delta, Spain	X. RUIZ, G.A. LLORENTE	133
Croissance de la Sole de sable <i>Solea (Pegusa) theophilus</i> (Poissons-Soléides) sur la Côte du Roussillon (France) <i>Growth of sand sole Solea (Pegusa) theophilus (pisces-soleidae) from the coast of Roussillon (France)</i>	J.Y. MARINARO	141
The littoral ascidians of the Spanish Mediterranean. II. Balearic Islands. Species collected by the R/V «Professeur Georges Petit»	A.A. RAMOS, X. TURON, M. WAHL, B. BANAIGS, F. LAFARGUE	153
Map of benthic vegetation and sea-bottom types in the harbour at Banyuls-sur-mer (P.-O., France)	G. PERGENT, C.F. BOUDOURESQUE, I. THELIN, M. MARCHADOUR, C. PERGENT-MARTINI	165
Water masses and flow features in the North Euboikos Gulf (Eastern Mediterranean Sea) : an initial assessment	TH. BALOPOULOS, E.J. PAPAGEORGIOU	169
Les communautés d'Oligochètes Lumbricidae et d'Arthropodes ripicoles des interfaces air-eau-sol de la retenue de Castillon (Haut Verdon, Alpes de Haute-Provence) <i>Riparian Oligochaeta and Arthropoda communities inhabiting air-water-soil interfaces of the Castillon Reservoir (upper Verdon, Alpes de Haute-Provence)</i>	A. GALLISSIAN, L. BIGOT	179
Un nouveau Talitridae de Corse : <i>Talorchestia ugolini</i> n. sp. (Crustacea Amphipoda) <i>A new Talitridae of Corsica island : Talorchestia ugolini n. sp. (Crustacea, Amphipoda)</i>	D. BELLAN-SANTINI, S. RUFFO	189
Le peuplement de Polychètes d'un petit bassin saumâtre de l'île d'Elbe (Mer Méditerranée) <i>Polychaetes assemblages of a small brackish basin in Elba island (Mediterranean Sea)</i>	C. LARDICCI	195
Analyses d'Ouvrage – Book reviews		203
Annnonce Congrès – Congress Announcement		132