

Composition chimique et ornementation de *Cyprideis torosa* (*Crustacea, Ostracoda*) dans le domaine paralique

Ostracodes
Ornementation
Environnement paralique
Composition chimique
Pollution

Ostracods
Ornamentation
Paralic environment
Chemical composition
Pollution

Anne-Marie BODERGAT^a, Michel RIO^a, Anne-Marie ANDRÉANI^b

^a Centre de Paléontologie stratigraphique et Paléoécologie de l'Université Claude Bernard, Lyon I, URA 11 du CNRS, 27-43, boulevard du 11 Novembre, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

^b Commissariat à l'Énergie Atomique, CENG, 85x, avenue des Martyrs, 36041 Grenoble Cedex, France.

Reçu le 4/10/90, révisé le 19/06/91, accepté le 26/06/91.

RÉSUMÉ

Cyprideis torosa (*Crustacea, Ostracoda*) est une espèce bien connue pour sa large valence écologique à l'égard du facteur salinité et la grande variabilité de son ornementation. Nous l'avons prélevée en Camargue (France) et dans la région de Santa-Pola (sud-est de l'Espagne) dans des eaux titrant de 1 à 120 g/l. Les valves recueillies sont lisses, ponctuées, réticulées ou tuberculées. Elles ont été analysées en spectrométrie de masse à étincelle. Vingt-six éléments ont été détectés. Une relation apparaît entre composition chimique, ornementation des valves et caractères de l'environnement. En milieu oligohalin, les carapaces sont épaisses, réticulées ou tuberculées ; elles contiennent préférentiellement Si, Al, Fe, Mn et Ba amenés par les eaux douces et liés à la phase terrigène. Dans un environnement hyperhalin, ouvert, les carapaces sont réticulées ou ponctuées ; leur composition chimique est caractérisée par l'association P-Sr et Li, typique d'une eau de mer en voie de concentration. Enfin, en milieu confiné, hyperhalin, les individus récoltés sont lisses et leurs carapaces très fines ; la détection du soufre reflète l'enrichissement du milieu en matière organique, consécutif au développement des tapis algaires et cyanobactériens. La salinité et le confinement, paramètres fondamentaux de l'écosystème étudié, sont les deux facteurs influant essentiellement la décoration des valves.

L'analyse chimique et les observations de terrain font apparaître que la granulométrie du support édaphique, une des caractéristiques du microhabitat, déterminant les échanges à l'interface eau/sédiment, doit aussi être prise en considération.

Enfin, les influences anthropiques sur la composition chimique sont soulignées : les carapaces enregistrent au niveau de leur composition chimique les rejets industriels et domestiques. Les pollutions ici détectées, et plus particulièrement celles en métaux lourds (Pb, Ni, Sn), ne semblent pas influencer sur l'ornementation des carapaces ; celle-ci dépendrait davantage du caractère ouvert ou fermé du milieu de vie.

La méthode proposée met en évidence, par le biais de l'analyse chimique, une relation entre ornementation et paramètres du milieu de vie. Elle se révèle donc particulièrement efficace dans l'interprétation de la morphologie des valves en termes de paléoenvironnement.

Oceanologica Acta, 1991. 14, 5, 505-514.

ABSTRACT

Chemical composition and ornamentation of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) in the paralic environment

Cyprideis torosa (Crustacea, Ostracoda), which is well known for its ability to live in a wide range of salinity and for the variability of its ornamentation, was sampled in the paralic environment, in the Camargue (France) and in the area of Santa-Pola (south-east Spain), in ambient waters whose salinity varies from 1 to 120 g/l. The collected valves, which are smooth, punctuated, reticulated or have nodes on their surface, were analyzed by means of spark-source mass spectrometry. We detected twenty-six chemical elements, and found a clear relationship between the chemical composition, the ornamentation of the valves and the environmental parameters. In the oligohaline environment, the carapaces are thick, reticulated or node-bearing ; they are enriched in Si, Al, Fe, Mn and Ba which are terrigenous elements introduced by fresh water. In an open hypersaline environment, the carapaces are reticulated or punctuated ; they are chemically characterized by P, Sr and Li, typical for concentrated seawater. Finally, in a closed hypersaline environment, the collected individuals are smooth, and their carapaces are very thin ; their content S is related to the abundant organic matter provided by the development of algal and cyanobacterial mats. Salinity and confinement, which are the main parameters characteristic of the studied ecosystems, are also the two factors that control the ornamentation of the valves.

The chemical analysis and the field observations reveal that the granulometric characteristics of the microhabitats must be considered because they control the exchanges at the water-sediment interface.

The anthropic influences on the chemical composition of the carapace must be emphasized : it is possible to detect industrial and domestic wastes. But the ornamentation of the carapace is not related to these pollutants - chiefly heavy metals (Pb, Ni Sn) - and depends mainly on the open or closed character of the ambient environment.

The present method highlights, on the basis of the chemical composition, a relationship between ornamentation and environmental parameters. It is particularly efficient in the interpretation of the morphology of the valves in relation to the palaeoenvironment.

Oceanologica Acta, 1991. 14, 5, 505-514.

INTRODUCTION

Paramètre original et fondamental du domaine paralique, le degré de confinement traduit l'éloignement, en un point donné, de la source d'alimentation en eau du milieu de vie (Guelorget et Perthuisot, 1983). Il détermine, indirectement, le mode de sédimentation, la composition chimique du milieu, la nature du support édaphique des espèces rencontrées et, par conséquent, le peuplement des biotopes successifs. Diversité géochimique, variété morphologique, multiplicité des biotopes, telles sont les caractéristiques de cet environnement jouxtant les écosystèmes marin et continental et en recevant les influences. En conséquence, des espèces marines et des espèces dulçaquicoles supportant une légère salinité de l'eau cohabitent parfois. A la succession des faciès sédimentaires dans l'espace correspondent des successions écologiques ; mais certaines espèces pouvant être communes à plusieurs biofaciès, une similitude des peuplements hypohalins et hyperhalins a été remarquée (Guelorget et Perthuisot, 1982 ; Noël, 1982 ; Thomas et Geisler, 1982) ; ces espèces possèdent donc une large

valence écologique vis-à-vis de certains caractères du milieu. Ces derniers peuvent être enregistrés au travers de la composition chimique des exosquelettes carbonatés (Masuda, 1981 ; Bodergat, 1983), et témoignent éventuellement de l'empreinte d'un domaine marin ou continental sur le milieu paralique. Cette composition des carapaces peut, dans certains cas, être influencée par la nature du support édaphique. Elle est dépendante de la salinité, qui reflète l'importance de l'évaporation, le degré de confinement et les apports éventuels d'eau douce (pluie ou ruissellement). Ces derniers sont les pourvoyeurs de matériel détritique ; ils déterminent donc, entre autres choses, la taille moyenne des particules constituant le support édaphique. Or les échanges à l'interface eau-sédiment seront plus ou moins faciles selon les caractéristiques granulométriques des quelques millimètres superficiels de sédiment dans lesquels vit l'ostracofaune. C'est particulièrement vrai pour l'oxygène, dont la solubilité est, entre autres facteurs, contrôlée par la salinité (Riley et Skirrow, 1965).

Chez les ostracodes, la forme et l'ornementation de la carapace sont sensibles aux fluctuations du milieu. Si cette

variabilité peut être appréciée par différents moyens (Benson, 1982 ; Reyment, 1988 *a*), il semble plus difficile de mettre en évidence l'influence de divers paramètres de l'environnement sur la morphologie des valves. Nous nous proposons de chercher des relations entre certains facteurs physiques ou chimiques du biotope et les caractéristiques chimiques et ornementales de la carapace de *Cyprideis torosa*, espèce euryhaline remarquable par son polymorphisme. Il sera ensuite possible d'interpréter ces variations écophénotypiques en termes d'environnement.

MÉTHODOLOGIE

Il n'est pas aisé d'interpréter les variations de l'ornementation en fonction des caractères du milieu de vie : la fluctuation d'un des facteurs entraîne celle des autres ; mais la multiplication des observations sur une région suffisamment vaste, à des intervalles de temps réguliers, devrait permettre de cerner un paramètre déterminant la réalisation de tel ou tel caractère phénotypique de l'espèce. La collation bibliographique des travaux réalisés en ce domaine ne laisse pas entrevoir de solution satisfaisante. C'est ce constat qui a incité à entreprendre l'analyse de la carapace de *Cyprideis torosa*. Comme tous les crustacés, cet ostracode grandit grâce à des mues successives dont chacune ne dure que quelques heures. Bien que Rosenfeld (1982) laisse entendre qu'une partie du calcium est stockée avant la mue, il semble plus probable que le calcium du squelette soit extrait du milieu ambiant lors de ce processus (Turpen et Angell, 1971). La composition de la carapace ainsi élaborée doit donc refléter certaines propriétés du milieu de vie.

Cyprideis torosa est une espèce grégaire et détritivore n'ayant qu'une génération par an (Theisen, 1966 ; Heip, 1976 *a* et *b*). Les valves présentent à leur surface des pores en tamis ronds, allongés ou irréguliers. Chez les individus adultes, le pourcentage de ces différentes formes de tamis semble varier avec la salinité (Rosenfeld et Vesper, 1977) ; les milieux prospectés ici ne sont jamais exondés ; en

appliquant ces résultats à nos prélèvements, nous avons pu contrôler si les individus analysés ont mué dans une eau dont la salinité est proche de celle du moment de la collecte. La petite taille (environ 1 mm de long) et le faible poids des valves ne permettent pas de recourir aux méthodes d'analyse par voie humide. La spectrométrie de masse à étincelle ne nécessite, en revanche, que de très faibles quantités de matériel. Néanmoins, bien que chaque analyse utilise cinq valves, ici de femelles ovigères récoltées vivantes, nous avons modifié le circuit de décharge et le porte-échantillon afin d'obtenir un étincelage localisé sur le micro-échantillon (Berthaud, 1974). Dans ces conditions, la limite de détection des éléments est de 1 mg/g et leur détermination semi-quantitative possible (Bodergat et Andréani, 1981).

L'interprétation du grand nombre de valeurs obtenues est délicate ; certains écarts des teneurs observées sont imputables à des variations des conditions de milieu mais d'autres sont d'ordre individuel (Cadot *et al.*, 1972 ; Cadot et Kaesler, 1977 ; Durazzi, 1975 ; Bodergat, 1983 ; Tölderer-Farmer, 1985).

L'analyse factorielle des correspondances (AFC, Benzecri, 1980) permet de confronter les données chimiques et les résultats des observations de terrain ; elle permet, surtout, de visualiser les relations éventuelles entre échantillons et variables. Elle conduit donc à interpréter les observations en se référant aux caractéristiques morphologiques, géochimiques, biologiques et sédimentologiques des milieux prospectés. Une fois comprises ces relations, il devient possible d'utiliser l'ornementation phénotypique des carapaces pour évaluer les caractères du milieu de vie.

LES MILIEUX PROSPECTÉS (fig. 1)

L'étang de Scamandre (Gard, France)

L'étang de Scamandre, en Camargue, n'est pas directement alimenté en eau d'origine marine. Il repose sur un sol salé (Tourencq, 1975), témoin d'anciennes

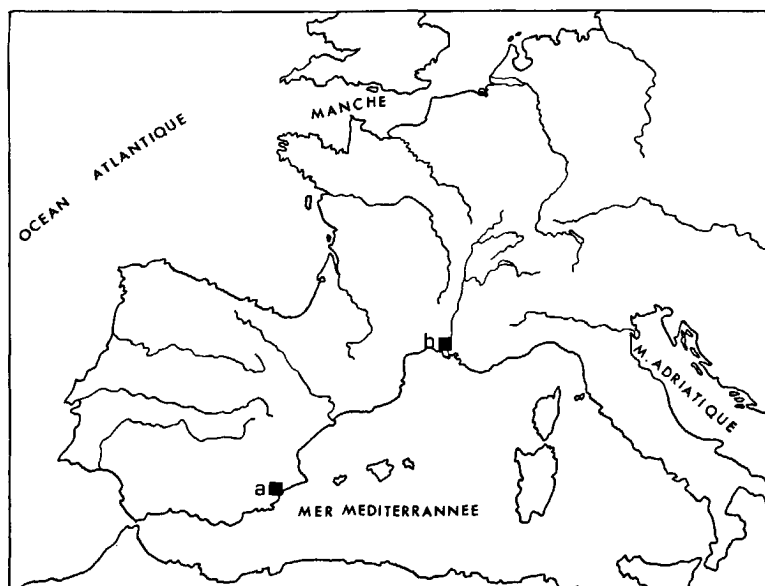


Figure 1

Localisation des deux régions prospectées : a) le salin de Santa-Pola (province d'Alicante, Espagne) ; b) les étangs de Camargue (Bouches-du-Rhône, France).

Location maps of the studied stations: a) the salina of Santa-Pola (Alicante province, Spain); b) the pools of the Camargue (Bouches-du-Rhône, France).

incursions marines (Duboul-Razavet, 1956). Le support édaphique explique la salinité relativement élevée de l'eau (jusqu'à 16,5 g/l) qui trouve aussi son origine dans la remontée de la nappe phréatique et les rejets riches en chlore d'une usine de pâte à papier située à Tarascon (André et Lacombe, 1988).

Peu profond (< 1 m), cet étang est alimenté par une «roubine» amenant l'eau du Petit-Rhône et, au lieu de prélèvement, il reçoit également l'eau du canal du Rhône à Sète.

L'ostracofaune a un caractère lagunaire ; elle comporte essentiellement *Cyprideis torosa* et *Loxoconcha elliptica*.

Les étangs de la Dame et des Martyrs de la Gacholle (Bouches-du-Rhône, France)

Ils appartiennent au complexe des Salins de Giraud (Perthuisot, 1982). Ils sont alimentés de façon mixte. Leur fond est sableux.

Dans la première station, les variations de salinité sont importantes (de 1 à 80 g/l). Cet étang connaît un assèchement saisonnier sauf au lieu de prélèvement. *Cyprideis torosa* est la seule espèce présente.

Aux Martyrs de la Gacholle, la salinité oscille entre 1 et 8,5 g/l. La profondeur est supérieure à 1 m, et l'eau présente toute l'année. L'ostracofaune reflète le caractère oligohalin du milieu ; elle comporte *Cypridopsis vidua*, *Cyprideis torosa* et *Loxoconcha elliptica*, et parfois *Leptocythere* sp., qui marque les influences marines (Elofson, 1941).

Les salins de Santa-Pola (province d'Alicante, Espagne)

Cet ensemble, établi sur une ancienne lagune (Dulau, 1983) comprend le salin de Santa-Pola proprement dit et la lagune de La Mata. Le substratum est constitué de sédiments récents (Montenat, 1973) ; la plupart des bassins reposent sur des marnes gris-verdâtres. Au cours de leur cheminement, de la mer jusqu'aux tables à sel, les eaux traversent divers milieux. Jusqu'à une salinité d'environ 70 g/l, c'est le domaine des phanérogames. *Cyprideis torosa* y est associé à *Loxoconcha elliptica*, *Cyprinotus salinus*, *Potamocypris variegata*, *Cyprinotus incongruens*. Dans les touffes de salicornes, seules les deux premières espèces se rencontrent. Les cyanophytes se développent ensuite jusque dans des bassins où l'eau titre 140 à 150 g/l (Orti-Cabo *et al.*, 1984) ; mais elle est appauvrie en carbonate de calcium qui précipite à partir de 70 g/l (Gouleau, 1984). *Cyprideis torosa* a été récolté vivant dans des eaux contenant 120 g/l d'équivalent NaCl, et des diatomées vivantes ont été signalées à 130 g/l (Noël, 1984). En revanche, les foraminifères ont disparu dès 70 g/l (Zaninetti, 1984). Au-delà s'étendent les domaines de précipitation du gypse et de la halite, inhospitaliers aux ostracodes.

Un système de canaux protège les salins de la nappe phréatique sous-jacente. Néanmoins celle-ci, en certains

points, modifie les caractères des eaux interstitielles. Ces dernières, à l'interface eau-sédiment, sont en équilibre avec les saumures, pour la plupart des éléments majeurs (Garnier, 1978 ; Gouleau, 1984). Créé il y a environ un siècle, le salin fonctionne toute l'année sans assèchement temporaire. Il paraît donc stable dans le temps.

COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTERES DU MILIEU

De nombreux travaux se sont attachés à mettre en évidence les relations entre certains caractères du milieu et la composition des carbonates d'origine biologique. Ces études concernent essentiellement le magnésium et le strontium comme indicateurs de paléosalinité et de paléotempérature (Dodd, 1967 ; Kinshmann, 1969 ; Kinshmann et Holland, 1969 ; Cadot et Kaesler, 1977 ; Renard, 1978 ; Chivas *et al.*, 1985 ; de Decker *et al.*, 1988).

Les associations d'éléments chimiques sont susceptibles de renseigner sur le caractère continental ou marin, ouvert ou confiné du milieu de vie. La fiabilité de la méthode exige la confrontation des résultats de l'analyse chimique aux observations réalisées lors de la collecte des individus. Il faut aussi tenir compte de certains paramètres locaux (Lerman, 1965 ; Bodergat et Andréani, 1981), parmi lesquels, par exemple, des pollutions accidentelles (Bodergat, 1978) ou des apports détritiques (Bodergat, 1983 ; Tölderer-Farmer, 1985).

Le test des ostracodes contient de nombreux éléments autres que ceux qui s'intègrent normalement dans le réseau des minéraux carbonatés. Qu'ils soient isolés ou qu'ils appartiennent à des particules intégrées accidentellement à l'exosquelette, leur présence peut être un indice intéressant concernant le milieu de vie de l'individu récolté.

L'aluminium entre dans la composition des argiles qui se déposent au fur-et-à-mesure du cheminement des eaux dans les divers bassins. Le manganèse traduit souvent l'érosion du domaine émergé (Bencini et Turi, 1974) ; associé au fer, il révèle des conditions oxydantes du milieu de vie (Michard, 1969 ; Renard, 1978 ; Coulon, 1979). Le rôle des substances humiques comme source de fer dans les sédiments est insignifiant (Nissenbaum et Swain, 1976).

Le silicium peut être un indice de détritisme grossier (lié au quartz) ou d'un détritisme fin (lié aux argiles). Il peut représenter la silice dissoute ; il est alors en relation avec les diatomées (Lewin, 1961). Mais, dans la gamme des salinités qui précèdent la cristallisation du gypse, la silice dissoute est complètement consommée par les diatomées (Gouleau, 1982 ; Noël, 1982 ; Gouleau et Noël, 1984). Même si la nappe phréatique peut augmenter temporairement la concentration en silice de l'eau du bassin, cette concentration restera très faible ; elle devrait être comprise entre celle de l'eau de mer de surface (< 1 ppm) et celle des eaux douces (13 ppm \pm 10 ; Livingstone, 1963). Peu d'auteurs ont discuté de l'association entre

Tableau

Résultats de l'analyse multi-élémentaire en spectrométrie de masse à étincelle de valves de *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) prélevées dans le milieu paralique. Les résultats sont exprimés en ppm atomique par rapport au calcium. Pour chaque analyse, sont notées la valeur de la salinité au moment de la collecte et l'ornementation des individus (tb : tuberculé, rt : réticulé, 1/2 rt : semi-réticulé ; p : ponctué ; l : lisse ; G4, G3, G2, G1 : prélèvements aux Martyrs de la Gacholle ; SG1, SG2 : prélèvements à l'étang de Scamandre ; D : prélèvement à l'étang de la Dame ; E1 à E16 : prélèvements dans les salins de Santa-Pola).

Results of the multi-elementary analysis by means of spark-source mass spectrometry of valves of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) sampled in the paralic environment. Data are given in atomic ppm relative to calcium. For each analysis, the salinity at the time of sampling and the ornamentation of the individuals are given. (tb : noded, rt : reticulated, 1/2 rt : half-reticulated ; p : punctuated ; l : smooth ; G4, G3, G2, G1 : samples from Martyrs de la Gacholle ; SG1, SG2 : samples from Etang de Scamandre ; D : sample from étang de la Dame ; E1 to E16 : samples from the salina of Santa-Pola).

Provenance géographique	Camargue, FRANCE								Santa-Pola, ESPAGNE																
	Stations		G4	G3	G1	G2	SG1	SG2	D	E16	E15	E14	E13	E9	E10	E11	E12	E8	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1
Salinité			< 1	2,2	5	8,5	16,5	16,5	80	8,7	11,7	30,5	48	57	57	57	57	60	64	75	85	88	92	92	120
Ornementation	tb	rt	tb	tb	rt	tb	1/2rt	rt	1/2rt	rt	p	p	1/2rt	1/2rt	rt	1/2rt	rt	p	1/2rt	rt	p	p	l		
Li	1000	45	35	100	72	130	250	150	100	100	180	150	575	250	137	170	150	25	70	400	750	850	60		
B	850	60	100	250	850	180	100	150	200	350	65	70	220	170	15	80	130	20	170	110	375	150	30		
F	700	250	300	700	900	800	520	500	250	900	170	270	300	350	100	320	1000	120	750	650	3500	650	80		
Al	1500	450	60	2700	1100	700	500	160	150	250	1150	160	200	425	90	120	400	50	700	250	1200	130	50		
Si	3000	1700	1500	7000	2250	2500	2950	1500	800	2000	650	450	250	450	250	420	900	150	2300	750	2300	1000	130		
P	4200	1550	1600	2200	3000	2500	2500	1000	1950	2000	750	1200	180	2400	1800	1000	2000	250	600	1800	8500	2500	350		
S	6000	5250	2500	6000	8000	10000	4000	4000	3500	4500	2500	3500	4500	6000	1800	2500	4800	1100	10000	5200	8500	4500	8000		
Cl	2800	4900	2200	1800	3150	7000	3000	2000	800	4500	800	1400	3200	3500	2000	2500	3500	400	3000	1700	3250	2000	1000		
Ti	120	2,5	15	110	17	15	25	25	70	60	20	17	5,5	12	3,5	15	25	10	170	15	50	50	5		
V	4,5	1,5	2	3	2	5	2,5	1,5	2	4	2	2,5	1,5	1,5	0,35	3	3,5	1	7	1	7,5	3,5	0,35		
Cr	90	9,5	5,5	10	12	10	7	35	8	120	8	25	25	7	7,25	10,5	15	3,5	50	4,5	25	20	1,5		
Mn	850	1125	80	2200	100	1400	700	50	50	75	70	35	25	30	15	40	45	8	60	20	700	25	15		
Fe	2500	1000	1700	4500	3500	8000	270	350	150	1100	140	350	140	120	140	170	500	40	550	150	600	240	35		
Ni	300	15	5	45	30	15	7,5	80	20	20	20	12	10	25	10	7,5	15	5	30	2,5	20	10	3		
Cu	200	40	45	70	85	150	250	70	25	80	40	65	45	45	45	95	150	15	220	25	450	50	15		
Zn	300	160	100	500	625	450	290	120	100	120	100	120	150	170	80	175	270	20	500	110	450	140	30		
As	40	15	15	20	16,25	62,5	15	15	6	30	10	15	15	15	7,5	20	20	4,5	55	130	45	15	2,5		
Br	4,5	30	20	90	15,50	100	50	20	10	90	20	80	25	25	17	60	165	3	150	25	130	60	15		
Rb	10	3	4,5	10	5	25	5	2,5	5	6	3	5	3,5	3	2	4,25	5	1,5	15	4,75	7,5	4	0,7		
Sr	2500	1300	300	1850	120	5000	3500	400	2000	1300	1800	200	1700	1700	1600	2200	300	3500	1400	23500	2700	67,5			
Sn	300	2	2	4,5	2,5	4,5	1,5	120	2	3	1,5	2	2,5	1	1	2	4,5	0,5	3	1	4,5	3	0,8		
Sb	18	2	0,5	1	0,5	3	7	6	2	4	2	4	2	2	2	24	0,5	5	2,5	3	10	0,5			
I	15	1,5	5	15	3	10	0,5	15	6	4	2	3	5	1	1,2	2,5	10	0,5	10	1,5	2	2	0,3		
Ba	250	80	150	120	40	350	15	70	25	9	2	15	4	0,8	6,25	20	10	5	20	6	65	14	1,5		
Pb	205	1	2	4	5	12	7	55	4	12	1,5	3,5	2	2	0,5	4	4,5	0,75	10	1	1,5	4,5	0,2		

silice et matière organique - acides humiques et fulviques - (Fotiyev, 1970 ; Breger *et al.*, 1972 ; Nissenbaum et Swaine, 1976). Cette association concerne principalement la matière organique enfouie dans les sédiments, et n'a donc aucun rôle dans le contrôle de la concentration en silice de l'eau du milieu. Nous considérerons donc celle-ci, par la suite, comme témoignant du détritisme.

Le baryum entre dans la composition de certains minéraux argileux, mais aussi des feldspaths alcalins. Si le support édaphique est sableux, sa présence indiquera une circulation facile, donc une bonne oxygénation du milieu interstitiel.

Le phosphore peut provenir de l'eau de mer comme du milieu continental. Il est simplement l'indice d'apports de nutriments.

Le strontium et le lithium arrivent avec l'eau de mer ; leur concentration croît avec la salinité (Kinshmann, 1969 ; Coulon, 1979 ; Pascal, 1979).

RÉSULTATS (TAB.)

Biocalcification et caractères du milieu

Ce sont des granules recélés dans les cellules épidermiques qui induisent la calcification des carapaces (Benson, 1974 ; Okada, 1982 ; Reymont, 1988 b). Si le mode et l'intensité de la biominéralisation dépendent, avant tout, de l'appartenance spécifique, ils sont aussi sous l'influence de l'état physiologique de l'organisme et des conditions de milieu (Degens, 1989). En ce qui concerne ces dernières, les résultats de l'analyse factorielle des correspondances sur les données acquises dans le domaine paralique permettent de distinguer trois pôles chimiquement différents (fig. 2 et 3) :

- un pôle oligohalin, soumis aux influences continentales ; s'y regroupent les éléments amenés par les eaux douces ou liés à la phase terrigène (Si, Al, Fe, Mn et Ba) et les échantillons prélevés dans des milieux dessalés : les Martyrs de la Gacholle (salinités < 1 g/l et de 8,5 g/l) et l'étang de Scamandre (salinité 16,5 g/l). Les carapaces sont épaisses, réticulées ou tuberculées, c'est-à-dire très ornementées ; les animaux vivaient sur un sable grossier ;

- un pôle hyperhalin ouvert : les individus, récoltés à Santa-Pola, sont proches de P mais surtout de Sr et Li, éléments caractérisant une eau de mer en voie de concentration. La communication avec le domaine marin reste facile. L'ornementation des carapaces s'estompe : elle est réticulée dans une eau à 57 g/l,

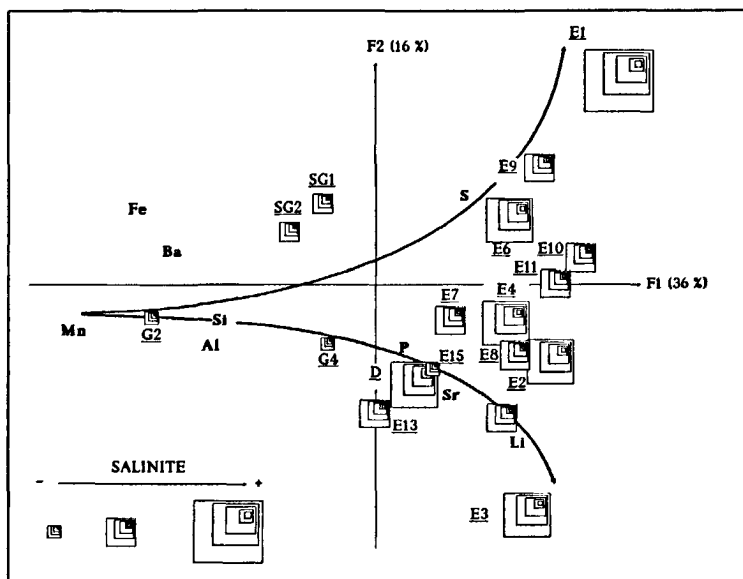


Figure 2

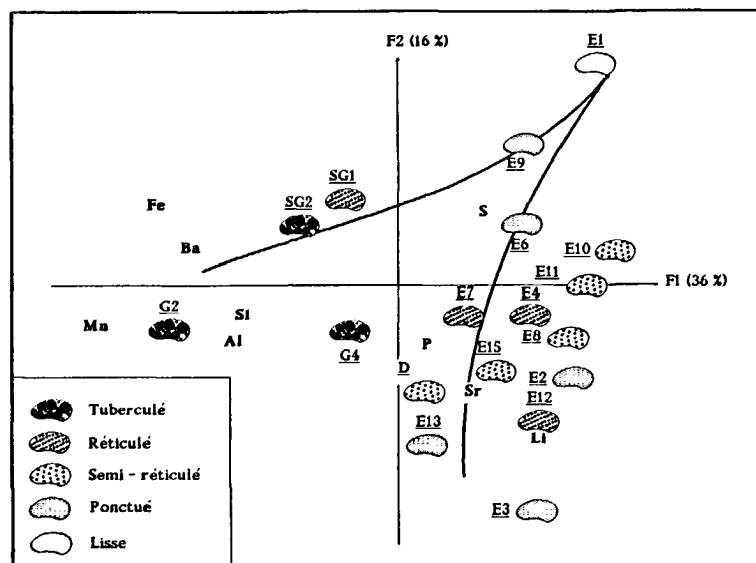
Les trois pôles chimiques. Analyse factorielle des correspondances portant sur la composition chimique des carapaces de *Cyprideis torosa*. Plan des facteurs F1 et F2. Noter l'existence de trois pôles : un pôle oligohalin (Si, Al, Fe, Mn, Ba), un pôle hyperhalin ouvert (P, Sr, Li) et un pôle hyperhalin confiné (S). Les numéros des échantillons sont ceux du tableau 1.

*The three chemical end-members. Factorial correspondence analysis of the chemical composition of the carapaces of *Cyprideis torosa*. Three poles are expressed : an oligohaline one (Si, Al, Fe, Mn and Ba); an open hypersaline one (P, Sr and Li); and a closed hypersaline one (S). The sample numbers are those of Table 1.*

Figure 3

Pôles chimiques et ornementation. Même plan factoriel que sur la figure 2. Les échantillons sont symbolisés par l'ornementation de leur carapace. Les carapaces les plus ornées se situent au pôle oligohalin (le substrat y est grossier) ; les carapaces lisses se situent au pôle hyperhalin confiné (le substrat y est très fin). Les numéros des échantillons sont ceux du tableau 1.

Chemical end-members and ornamentation. Same factorial plane as Figure 2. The samples are symbolized by the ornamentation of carapaces. The most decorated carapaces are at the oligohaline pole (with a coarse-grained substrate) ; the smooth carapaces are at the closed hyperhaline pole (with a fine-grained substrate). The sample numbers are those of Table 1.



ponctuée à 92 g/l, donc au-delà du domaine de précipitation du carbonate de calcium ;

- un pôle hyperhalin confiné : les seuls ostracodes minces et lisses, récoltés dans une eau à 120 g/l, y côtoient le soufre. Ce milieu précède immédiatement celui où le gypse précipite et où se développent les tapis algaires et cyanobactériens, qui induisent l'enrichissement du fond en matière organique.

L'évolution vers ces deux pôles s'exprime aussi par une transition entre un milieu oxygéné, proche de la source d'eau, et un autre, hypoxique, plus à l'écart dans le temps ou dans l'espace de l'alimentation en eau. Le premier des deux milieux est supporté par un sédiment grossier, le second par un sédiment fin. Ainsi, au cours du cheminement de l'eau de l'un à l'autre, la concentration des solutions, accompagnée de précipitations successives, provoque un appauvrissement en différents éléments chimiques et, en particulier, du calcium nécessaire à l'élaboration des exosquelettes carbonatés. Il en résulte

une atténuation progressive de l'ornementation et un amincissement des carapaces.

Ce sont ces facteurs qui ordonnent et expliquent le plus complètement la diversité de nos observations et de nos mesures. Ils expriment plus de la moitié de la variance (52 %) des données analysées.

Influences anthropiques

La salinité et les autres caractères chimiques influencent la biominéralisation des carapaces dans les milieux étudiés. Mais cette dernière pourrait-elle dépendre aussi de facteurs locaux, plus particulièrement de pollutions industrielles ou domestiques ?

• Les seuls individus tuberculés (fig. 4) présents dans notre analyse et regroupés sur le premier facteur, se séparent sur le troisième. L'un d'entre eux (SG2), proche de Fe et Cl, a été récolté dans l'étang de Scamandre qui reçoit des rejets

Figure 4

Pollution par le chlore. Plan factoriel F1-F3 de l'analyse factorielle des correspondances. Sur F3, Fe et Cl (indice de la pollution chlorée) s'opposent à Si et Al (indice d'apports détritiques ordinaires). Les individus associés à ces deux pôles sont tous tuberculés. Les numéros des échantillons sont ceux du tableau 1. Les échantillons sont symbolisés par l'ornementation de leur carapace.

Pollution by chlorine. F1-F3 factorial plane of the factorial correspondence analysis. On F3, Fe and Cl (indicating a chlorine pollution) are opposed to Si and Al (indicating normal terrigenous supplies). The individuals associated to these two poles are all tuberculated. The sample numbers are those of Table 1. The samples are symbolized by the ornamentation of the carapaces.

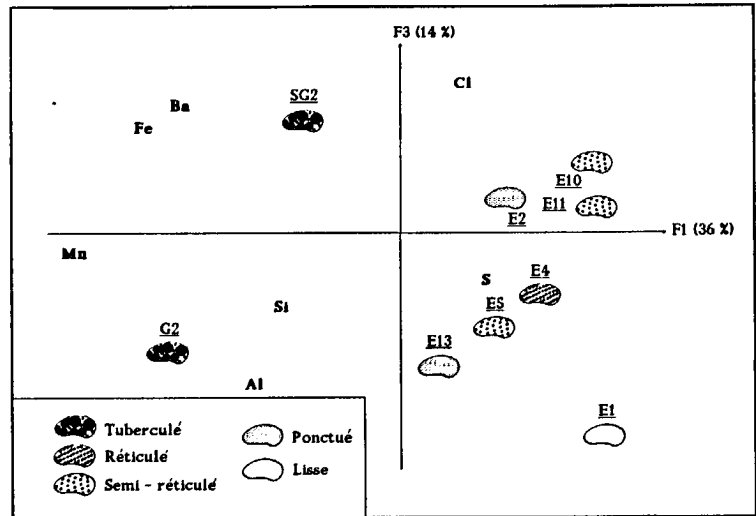
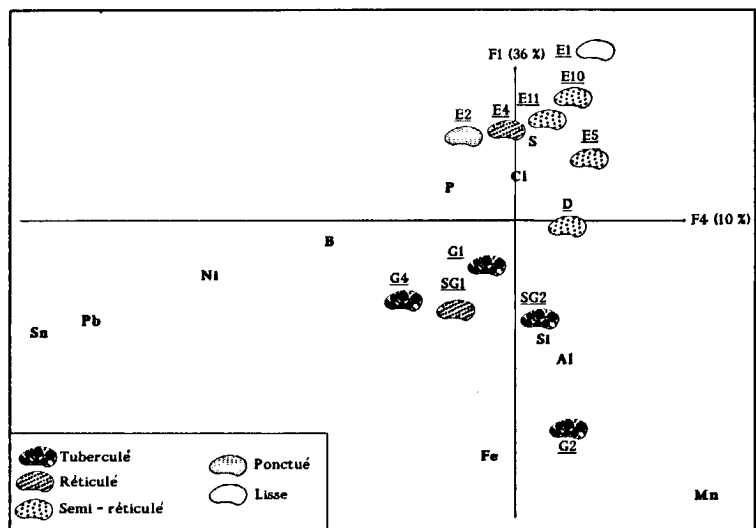


Figure 5

Pollution anthropique ou détritisme ? Plan factoriel F1-F4 de l'analyse factorielle des correspondances. L'association Sn, Pb, Ni, B est peut-être un indice de pollution. Les numéros des échantillons sont ceux du tableau 1. Les échantillons sont symbolisés par l'ornementation de leur carapaces.

Anthropic pollution or detritism ? F1-F4 factorial plane of the factorial correspondence analysis. Sn, Pb, Ni, B association could be a pollution index. The sample numbers are those of Table 1. The samples are symbolized by the ornamentation of the carapaces.



industriels chlorés ; un autre (G2), venant des Martyrs de la Gacholle, est proche des éléments caractérisant le détritisme fin banal : Al, Si. Dans ce premier cas, l'ornementation, invariante, ne permet pas de déceler la pollution.

• L'interprétation du deuxième exemple est plus problématique. Sur le quatrième facteur, cinq éléments Pb, Sn, Ni, P et B sont regroupés (fig. 5). On peut y voir simplement une association caractéristique des argiles, bien que les éléments majeurs typiques de ces minéraux soient associés au premier axe. Mais ces éléments sont aussi symptomatiques de rejets anthropiques : P et B sont abondants dans les lessives, Pb, Sn et Ni dans les emballages métalliques alimentaires généreusement abandonnés par les nombreux touristes camargais dont les voitures rejettent encore du Pb.

Quelle que soit l'interprétation retenue, et la seconde nous semble tout à fait plausible, il s'agit d'un milieu sensible

aux apports extérieurs, donc ouvert.

Les éléments chimiques mentionnés sont proches, sur le facteur 4, de spécimens tuberculés ou réticulés et opposés à des carapaces semi-réticulées ou ponctuées caractérisées par Sr et Mn. A l'état réduit, Mn peut se substituer à Sr dans le réseau des carbonates. On retrouve donc, sur un plan différent, une opposition entre des individus ornés, vivant dans un milieu ouvert, et des individus plus lisses, vivant dans des milieux plus isolés.

CONCLUSION : ORNEMENTATION ET RECONSTITUTION DES MILIEUX

Lors de la mue, la carapace de *Cyprideis torosa* acquiert une composition chimique et une ornementation qui dépendent fortement des caractères du milieu ; cela se traduit par des associations particulières d'éléments. Les facteurs fondamentaux mis en évidence par la

confrontation des données disponibles (analyses et observations de terrain) sont la salinité et le confinement. Le second facteur est lié pour partie à la sensibilité du milieu aux influences extérieures et pour partie aux caractères granulométriques du support édaphique.

Toujours signalées dans les eaux oligohalines (Sandberg, 1964 ; Benson, 1969 ; van Harten, 1975) et souvent considérées comme l'indice d'un milieu riche en CaCO₃ (Fassbinder, 1912 ; van den Bold, 1976), les carapaces tuberculées de *Cyprideis torosa* sur lesquelles les nodules apparaissent toujours au même endroit (Kilenyi, 1972) attestent ici d'un milieu ouvert et d'un support édaphique grossier. La relation entre le phénomène de nodation (Peypouquet, 1977) et la présence de métaux lourds n'apparaît pas probante (Bodergat, 1983 ; Tolderer-Farmer, 1985 ; Carbonel et Farmer, 1988). Nos résultats rapprochent davantage les carapaces très ornées (réticulées et/ou nodées) et les milieux oligohalins ouverts que ces mêmes carapaces et la présence de Pb, Ni ou Sn (fig. 5).

De façon générale, les individus réticulés sont regroupés autour d'éléments chimiques dénotant des apports dans l'environnement. Ils ont été prélevés dans le biotope des phanérogames (salinité < 80 g/l) où les apports en matière organique existent (Orti Cabo *et al.*, 1984 a ; Orti Cabo *et al.*, 1984 b) ; c'est la limite inférieure de précipitation du carbonate de calcium ; la réticulation, à l'encontre de ce qui est admis (Carbonel, 1980), n'est pas caractéristique du domaine préévaporitique qui est celui des cyanophycées.

Les carapaces semi-réticulées, ponctuées ou lisses, se remarquent vers les éléments chimiques caractéristiques des milieux confinés : S, et Sr-Li ou Mn-Sr (fig. 3 et 5). Néanmoins, des valves peu ornementées ont été recueillies en milieu oligohalin ou mésohalin : la granulométrie du support édaphique, donc une des caractéristiques du microhabitat, peut influencer autant que les paramètres typiques de l'écosystème, ici salinité et confinement. A ce sujet, il est intéressant de rappeler le polymorphisme de *Cytheromorpha acupunctata* : les individus dont l'ornementation consiste en une forte réticulation se rencontrent sur un support édaphique à granulométrie grossière, ceux ponctués sur un support à granulométrie fine où les espaces entre les grains sont moindres ; deux espèces ont tout d'abord été distinguées (Ishizaki, 1968) ; l'étude des parties molles a montré l'appartenance de ces deux morphes à la même espèce (Okubo, 1978). Dans un microenvironnement confiné, l'activité des sucres enzymatiques assurant l'intégrité des sites de calcification (Degens, 1989) pourrait se trouver partiellement bloquée :

l'ornementation se réaliserait plus difficilement.

Plusieurs hypothèses ont été avancées quant aux relations entre paramètres du milieu de vie et ornementation écophénotypique. Le pH a parfois été évoqué comme le facteur déterminant (Peypouquet *et al.*, 1988 ; Carbonel et Moyes, 1988) ; cependant, les fluctuations quotidiennes de ce paramètre étant proches des fluctuations saisonnières, il est difficile d'évaluer son impact réel sur les caractéristiques de l'ostracofaune (Debenay *et al.*, 1990). Or les observations faites à Hamanako-Lake, et concernant l'ornementation écophénotypique de *Cytheromorpha acupunctata*, n'ont pas montré de variation significative de ce paramètre ; selon Ikeya et Ueda (1988), la température influencerait davantage l'ornementation des carapaces, hypothèse surtout développée par Hartmann (1982) et Reymont (1985).

Dans le domaine paralique, nous avons observé une évolution parallèle de deux caractères du milieu :

- augmentation de la salinité ;
- éloignement de la source d'alimentation en eau.

Ils ont pour effet de diminuer la quantité de calcium disponible pour l'élaboration des exosquelettes. Or, dans le même temps, s'observent :

- un amincissement des carapaces ;
- une atténuation de l'ornementation des valves.

Ces évolutions ont été révélées grâce à l'analyse multidimensionnelle de la composition chimique des valves et à sa confrontation avec les observations et les mesures réalisées sur le terrain. La méthode suivie ici permet d'interpréter l'ornementation en termes d'environnement. Elle évitera par la suite l'analyse chimique des carapaces ; la démarche en sera ainsi fortement allégée. Il sera souhaitable de l'élargir à d'autres espèces et environnements. Pour *Cyprideis torosa*, elle est maintenant applicable aux fossiles.

Remerciements

Les analyses ont été effectuées dans le cadre d'une politique de diversification du CEA-CENG que nous remercions (collaboration technique, Madame Mercadier). Certaines mesures ont été réalisées en partie grâce à l'ATP IPOD n° 4234 ; nous remercions tout particulièrement Yves Lancelot et Georges Millot. Le matériel analysé a été prélevé en partie lors de missions menées dans le cadre d'un thème de recherche du LA 11 : «Biotopes à salinités variées», et auxquelles ont participé Gilles Carbonnel et Georges Truc.

RÉFÉRENCES

- André B. et C. Lacombe** (1988). Qualité du Fleuve Rhône. Synthèse des connaissances. Rapport Agence du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Ministère de l'Environnement, 251 pp.
- Bencini A. et A. Turi** (1974). Mn distribution in the Mesozoic carbonate rocks from Lima Valley, northern Apennines, *J. sedim. Petrology*, **44**, 3, 174-182
- Benson R.H.** (1969). Ostracodes in the Rita Blanca Lake deposits, in : Palaeoecology of an Early Pleistocene Lake on the High Plains of Texas, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **13**, 107-124.
- Benson R.H.** (1974). The Role of Ornamentation in the Design and Function of the Ostracode Carapace. *Geoscience and Man*, **6**, 47-57.
- Benson R.H.** (1982). On the Measurement of Morphology and its change. *Paleobiology*, **8**, 4, 328-339.
- Benzecri J.-P.** (1980). *Pratique de l'analyse des données. 1 : Analyse des Correspondances. Exposé élémentaire*. Dunod, Paris, 424 pp.
- Berthaud J.** (1974). Discharge current and associated ions in R.F spark source mass spectrometry. *Adv. Mass Spectr.*, **6**, 421.
- Bodergat A.-M.** (1978). Un marqueur instantané de la pollution en cérium dans la zone de Cortiou (rade Sud de Marseille, Bouches-du-Rhône) : *Aurila speyeri* Brady 1868 (*Ostracoda, Podocopida*). Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, H.S., **4**, 71-85.
- Bodergat A.-M. et A.-M. Andréani** (1981). Mise en évidence de la réponse adaptative d'une espèce euryhaline *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) à des conditions écologiques difficiles par l'analyse multi-élémentaire en spectrométrie de masse à étincelle. in : *International Symposium on «Concept and Method in Paleontology»*, Department Paleontologia, University of Barcelona, J. Martinell, éditeur, 135-139.
- Bodergat A.-M.** (1983). Les ostracodes, témoins de leur environnement. Approche chimique et écologique en milieu lagunaire et océanique. Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, **88**, 246 pp.
- Breger I.A., P. Zubovic et J.-C. Chandler.** (1972). Preliminary studies of Colloidal substances in the water and sediments of the Chesapeake Bay. *U.S. Geol. Surv. prof. Pap.*, **800 C**, 263-265.
- Cadot H.-M., R.L. Kaesler et W.R. van Schmus** (1972). Application of the electron microprobe analyzer to the study of the ostracode carapace. *Bull. Am. Paleontol.*, **65**, 282, 577-585.
- Cadot H.-M. et R.L. Kaesler** (1977). Magnesium content of calcite in carapaces of benthic marine ostracoda. *Paleont. Contrib. Univ. Kansas*, **87**, 1-23.
- Carbonel P.** (1980). Les ostracodes et leur intérêt dans la définition des écosystèmes estuariens et de la plateforme continentale. Essais d'application aux domaines anciens. *Mém. Inst. géol. Bassin Aquitaine*, **11**, 350 pp.
- Carbonel P. et M. Farmer.** (1988). The Ostracod carapace as a hydrochemical source of information as water/sediment interface. in : *Evolutionary biology of Ostracoda. Its Fundamental and Applications*. T. Hanai, N. Ikeya et K. Ishizaki, éditeurs, Kodansha-Elsevier, **11**, 1003-1016.
- Carbonel P. et J. Moyes** (1988). Late Quaternary paleoenvironments of the Mahakam delta. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **61**, 265-284.
- Chivas A.R., P. de Deckker et J.M.G. Shelley** (1985). Strontium content of ostracods indicate lacustrine palaeosalinity. *Nature*, **316**, 251-253.
- Coulon M.** (1979). Milieux de sédimentation, strontium et manganèse dans les calcaires à entroques de Bourgogne (Jurassique moyen). *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, 21, 6, 681-685.
- Debenay J.-P., J.-P. Peypouquet et J. Pages.** (1990). Variation saisonnière des populations d'Ostracodes de la ria sursalée de la Casamance (Sénégal). *Géobios*, **23**, 6, 699-713.
- De Decker P., A.-R. Chivas, J.M.G. Shelley et T. Torgensen** (1988). Ostracod shell chemistry : a new palaeoenvironmental indicator applied to a regressive/transgressive record from the gulf of Carpentaria, Australia. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **66**, 3-4, 231-241.
- Degens E.T.** (1989). *Perspectives on Biogeochemistry*, Springer Verlag, 432 pp.
- Dodd J.R.** (1967). Magnesium and strontium in calcareous skeletons : a review. *J. Paleontol.*, **41**, 1313-1329.
- Duboul-Razavet C.** (1956). Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du delta du Rhône. *Mém. Soc. géol. Fr.*, **76**, 234 pp.
- Dulau N.** (1983). Les domaines sédimentaires préhalitiques des marais salants de la région de Salin-de-Giraud (France) et de Santa-Pola (Espagne). Thèse, Université Louis Pasteur, Paris, 132 pp.
- Durazzi J.** (1975). The shell chemistry of ostracods and its palaeoecological significance. *PhD Thesis, Case Western Reserve University*, 192 pp.
- Elofson O.** (1941). Marine ostracoda of Sweden with special consideration of the Skagerak. *Zool. Bidr. Uppsala*, traduit de l'allemand, Israël Programs for scientific Translations, 1969, 286 pp.
- Fassbinder K.** (1912). Beiträge zur Kenntnis der Süßwasserostracoden. *Zoologische Jb.*, **32**, 4, 533-576.
- Fotiyev A.-V.** (1971). The nature of aqueous humus. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **199**, 1, 198-201.
- Garnier J.-M.** (1978). Évolution géochimique d'un milieu confiné : le lac Rekba (Cap-Vert), Sénégal. *Revue Géogr. phys. Géol. dynam.*, **20**, 1, 43-57.
- Gouleau D.** (1982). Chimie des eaux interstitielles des sédiments des marais salants de Salin-de-Giraud (sud de la France), *Géol. Méd.*, **9**, 4, 349-367.
- Gouleau D.** (1984). Relations entre saumures libres et saumures interstitielles du marais salant de Bras del Port, Santa-Pola (Espagne). Géochimie des ions majeurs et de la silice dissoute. *Revue invest. Géol.*, **38/39**, 55-78.
- Gouleau D. et D. Noël** (1984). L'importance des diatomées dans le cycle de la silice dissoute des saumures libres et des eaux interstitielles dans le marais salant de Salin-de-Giraud (S.E. de la France). *Revue Géol. dynam. Géol. phys.*, **25**, 3, 177-186.
- Guelorget O. et J.-P. Perthuisot** (1982). Structure et évolution des peuplements benthiques en milieu paraliq. Comparaison entre un modèle dessalé (l'étang de Prevost - France) et un modèle sursalé (le Bahiret-el-Biban-Tunisie). Conséquences biologiques et géologiques. *J. Rech. océanogr.*, **7**, 2-4, 1-11.
- Guelorget O. et J.-P. Perthuisot** (1983). Le domaine paraliq. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Trav. lab. Géol. École Norm. Sup.*, **16**, 136 pp.
- Hartmann G.** (1982). Variation in surface ornament of the valves of three ostracod species from Australia. in : *Fossil and Recent Ostracods*, British Micropaleontological Society, R.H. Bate, E. Robinson and L.M. Sheppard, éditeurs, **19**, 365-380.
- Heip C.** (1976 a). The spatial pattern of *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) (*Crustacea, Ostracoda*). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **56**, 179-189.
- Heip C.** (1976 b). The life-cycle of *Cyprideis torosa* (*Crustacea, Ostracoda*), *Oecologia*, **24**, 229-245.
- Ikeya N et H. Ueda** (1988). Morphological variations of *Cytheromorpha acupunctata* (Brady) in Continuous Populations at Hamana-ko Bay, Japan. in : *Evolutionary biology of Ostracoda. Its Fundamental and Applications*. T. Hanai, N. Ikeya et K. Ishizaki, éditeurs, Kodansha-Elsevier, **11**, 319-340.
- Ishizaki K.** (1968). Ostracods from Uranouchi Bay, Kochi Prefecture, Japan. Tohoku University, Scientific Report, 2nd series (Geol.), **40**, 1-45.

- Kilenyi T.I.** (1972). Transient and balanced genetic polymorphism as an explanation of variable nodding in the ostracod *Cyprideis torosa*. *Micropaleontology*, **18**, 1, 47-63.
- Kinshmann D.** (1969). Interpretation of strontium concentration in carbonate minerals and rocks. *J. sedim. Petrology*, **39**, 2, 486-508.
- Kinshmann D. et M.D. Holland** (1969). The coprecipitation of cations with CaCO_3 . IV: The coprecipitation of Sr^{2+} with aragonite between 16° C and 96° C. *Geochim. cosmochim. Acta*, **37**, 1-17.
- Lerman A.** (1965). Paleocological problems of Mg and Sr in biogenic calcites. *Geochim. cosmochim. Acta*, **29**, 977-1003.
- Livingstone D.A.** (1963). Chemical composition of rivers and lakes. Data of Geochemistry. *U.S. Geol. Surv. Pap.*, **440 C**, 64 pp.
- Lewin J.C.** (1961). The dissolution of silica from diatom walls. *Geochim. cosmochim. Acta*, **21**, 182-198.
- Masuda F.** (1981). Chemical composition in marine carbonates as an indicator of paleoenvironments. Report, Grant-in-Aid Sci. Res. (C), project n° 454262, 1-44.
- Michard G.** (1969). Contribution à l'étude du comportement du manganèse dans la sédimentation chimique. *Thèse de Doctorat d'État, Université de Paris*, 176 pp.
- Montenat C.** (1973). Les formations Néogène et Quaternaire du Levant Espagnol. *Thèse de Doctorat d'État, Université de Paris-Orsay*, 1170 pp.
- Nissenbaum A. et D.J. Swaine** (1976). Organic matter-metal interactions in recent sediments : the role of humic substances. *Geoch. cosmochim. Acta*, **40**, 809-816.
- Noël D.** (1982). Les diatomées des saumures des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). *Géol. Méd.*, **9**, 4, 413-446.
- Noël D.** (1984). Les diatomées des saumures et des sédiments de surface du salin de Salin de Bras-del-Port (Santa-Pola, Province d'Alicante, Espagne). *Revue invest. Géol.*, **38/39**, 79-107
- Okada Y.** (1982). Structure and cuticle formation of the reticulated carapace of the ostracoda *Bicornucythere bisanensis*. *Lethaia*, **15**, 85-101.
- Okubo I.** (1978). Two species of the family *Cytheridae* (Ostracoda) in the Inland Sea, Japan. *Res. Bull. Shujitsu Jun. coll.*, Okayama, **8**, 89-98.
- Orti-Cabo F., J.-J. Pueyo-Mur et G. Truc** (1984 a). Las salinas marítimas de Santa-Pola (Alicante, España). Breve introducción al estudio de un medio natural controlado de sedimentación evaporítica somera. *Revue invest. Géol.*, **38/39**, 9-29.
- Orti-Cabo F., J.-J. Pueyo-Mur, D. Geisler-Cussey et N. Dulau** (1984 b). Evaporite sedimentation in the costal salinas of Santa-Pola (Alicante, Spain). *Revue invest. Géol.*, **38/39**, 169-220.
- Pascal A.** (1979). Utilisation des éléments-traces dans la caractérisation des paléomilieux sédimentaires urgoniens basco-cantabriques. in : L'Urgonien des Pays méditerranéens. *Géobios, M. S.*, **3**, 331-345.
- Perthuisot J.-P.** (1982). Introduction générale à l'étude des marais Salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France) : le cadre géographique et le milieu. *Géol. Méd.*, **9**, 4, 309-327.
- Peypouquet J.-P.** (1977). Les ostracodes et la connaissance des paléomilieux profonds. Application au Cénozoïque de l'Atlantique oriental. *Thèse de Doctorat de Sciences naturelles, Université Bordeaux I*, 552, 448 pp.
- Peypouquet J.-P., P. Carbonel, O. Ducasse, M. Farmer et C. Lete** (1988). Environmental cued polymorphism of ostracods. A theoretical and practical approach. Contribution to geology and to the understanding of ostracod evolution. in : *Evolutionary biology of Ostracoda. Its Fundamental and Applications*. T. Hanáň, N. Ikeya et K. Ishizaki, éditeurs, Kodansha-Elsevier, **11**, 1003-1016.
- Renard M.** (1978). Teneurs en strontium, manganèse, fer et composition isotopique de l'oxygène et du carbone des carbonates des Legs 47 B (site 398 D) et 48 (site 400 A). *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, 20, 4, 429-440.
- Reyment R.** (1985). Phenotypic evolution in a lineage of the Eocene ostracod *Echinocythereis*. *Paleobiology*, **11**, 174-194.
- Reyment R.** (1988 a). Ecophenotypic variation in *Mutilus pumilus* (Ostracoda) from Australia, studied by canonical variate analysis and tensor biometrics. *J. Micropaleontology*, **7**, 1, 11-20.
- Reyment R.** (1988 b). Evolutionary significant polymorphism in marine ostracods. in : *Evolutionary biology of Ostracoda. Its Fundamental and Applications*. T. Hanáň, N. Ikeya et K. Ishizaki, éditeurs, Kodansha-Elsevier, **11**, 987-1002.
- Riley J.-P. et G. Skirrow** (1965). *Chemical oceanography*. Academic Press, 2 vol., 1220 pp.
- Rosenfeld A.** (1982). The secretion process of the ostracod carapace. in : *Fossil and Recent Ostracods*, British Micropaleontological Society, R.H. Bate, E. Robinson and L.M. Sheppard, éditeurs, **3**, 12-14.
- Rosenfeld A. et B. Vesper** (1977). The variability of the sieve-pores in recent and fossil species of *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) as an indicator for salinity and paleosalinity. in : *Aspects of Ecology and Zoogeography of Recent and Fossil Ostracoda*, H. Löffler et D. Danicopol, éditeurs, 55-67.
- Sandberg P.-A.** (1964). The ostracod genus *Cyprideis* in the Americas. *Stockh. Contr. Geol.*, **12**, 1-178
- Theisen B.-F.** (1966). The life history of seven species of Ostracods from a Danish brackish water locality. *Meddr Danm. Fish.-og Havunders.*, **4**, 215-270.
- Thomas J.-C. et D. Geisler** (1982). Peuplements benthiques à Cyanophycées des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). *Géol. Méd.*, **9**, 4, 391-412.
- Tolderer-Farmer M.** (1985). Causalité des variations morphologiques de la carapace chez les ostracodes. Essai d'interprétation sur des populations actuelles et fossiles. *Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I*, 2099, 285 pp.
- Tourenq J.-N.** (1975). Recherches écologiques sur les chironomides (Diptera) de Camargue. *Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse*, 688, 424 pp.
- Turpen J.-B et R.-W. Angell** (1971). Aspects of molting and calcification in the ostracod *Heterocypris*. *Biol. Bull.*, **140**, 331-338.
- Van Den Bold W.-A.** (1976). Distribution of species of the tribe *Cyprideidini* (Ostracoda, Cytherideidae) in the Neogene of the Caribbean. *Micropaleontology*, **22**, 4, 1-43.
- Van Harden D.** (1975). Size and environmental salinity in the modern euryhaline ostracod *Cyprideis torosa* (Jones, 1850), a biometrical study. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **17**, 1, 35-48.
- Zaninetti L.** (1984). Les foraminifères du Salin de Bras-del-Port (Santa-Pola, Espagne), avec remarques sur la distribution des ostracodes. *Revue invest. Géol.*, **38/39**, 123-138.