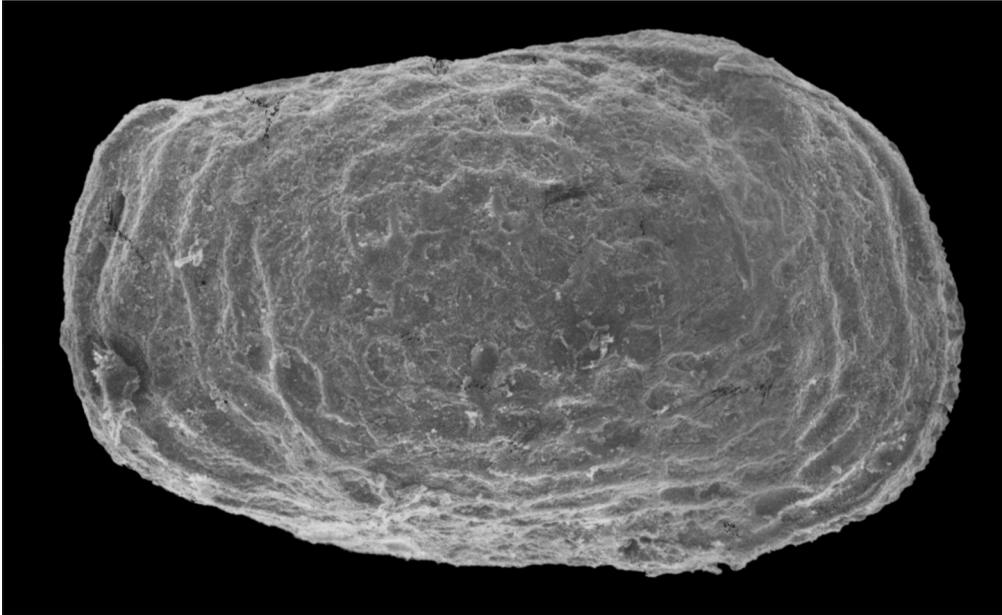


Photo : Vespasian Apostolescu



Leguminocythereis douae Apostolescu 1999, x 130 environ. Rupélien, bassin d'Apt.

LES OSTRACODES EN TANT QUE MARQUEURS STRATIGRAPHIQUES ET INDICATEURS DES PALÉOMILIEUX : RÉSULTATS DES ÉTUDES RÉALISÉES DANS L'OLIGOCÈNE DU LUBERON

Vespasian APOSTOLESCU *

INTRODUCTION

Rappelons qu'une partie relativement importante des roches sédimentaires affleurant sur le territoire du Luberon, date de l'époque oligocène (- 37 à - 24 millions d'années).

La particularité géologique de ces roches est qu'elles furent formées dans des bassins ou fossés continentaux subsidents où les conditions de sédimentation par rapport aux bassins marins sont extraordinairement complexes, notamment par la variabilité très grande dans le temps et dans l'espace de facteurs physico-chimiques, hydrologiques, climatiques, etc.

Pouvoir identifier ces facteurs, suivre leurs variations, connaître leur aire d'influence, c'est rendre lisible une partie importante de l'histoire géologique d'un bassin.

Pour y parvenir, le géologue dispose de plusieurs techniques : paléontologique, micropaléontologique et sédimentologique. Pour une estimation rapide, l'analyse du contenu biologique d'une roche est la plus efficace. Mais dans ce domaine, comme dans beaucoup d'autres, il y a des éléments biologiques qui parlent et d'autres qui ne disent pas grand-chose. Pour ce qui est des sédiments oligocènes du Parc, certains contiennent des organismes tels que : gastéropodes, poissons, ostracodes, foraminifères, plantes, dont charophytes, algues, etc. De tous ces organismes, les ostracodes se révèlent les plus répandus, les meilleurs marqueurs biostratigraphiques et les indicateurs de paléomilieux les plus fiables. Ce sont donc ces organismes et les résultats obtenus de leur étude que nous allons évoquer ici.

Les ostracodes oligocènes du Parc, furent étudiés pour la première fois dans la région de Forcalquier-Manosque (Apostolescu, 1968 ; Apostolescu & Guernet, 1992) et encore tout récemment dans la région d'Apt et plus largement dans les principaux bassins et fossés oligocènes de Haute-Provence (Apostolescu & Dellenbach, 1999, 2000).

Dans les pages qui suivent, le lecteur trouvera d'abord des informations destinées à le familiariser avec les ostracodes et, ensuite, des données relatives aux principaux aspects de leur contribution à la connaissance de la formation et de l'évolution dans le temps et dans l'espace de la sédimentation oligocène.

BREF APERÇU DE LA MORPHOLOGIE ET DU MODE DES VIE DES OSTRACODES ACTUELS

Dans la classification zoologique, les ostracodes sont placés dans l'embranchement des arthropodes et dans la classe des crustacés dont ils constituent une sous-classe. Ce sont des microcrustacés connus dans les dépôts sédimentaires, formés dans l'eau, depuis le Cambrien (-500 millions d'années).

Les ostracodes vivants sont connus depuis le milieu du XVIII^e siècle. Les premières descriptions et figurations scientifiques ont été publiées par O.F. Müller en 1785.

* 5 rue Jean-Claude Benazier - 78360 Montesson.

Morphologie

Le corps de l'animal, non différencié de la tête, est abrité dans une carapace formée de deux valves articulées par un ligament (charnière) le long du bord dorsal. Il possède sept paires de membres, dont quatre (antennes, antennules, mandibules et maxillaires) fixées dans la région céphalique et trois paires de pattes fixées au thorax. Un membre caudal (furca) ayant l'aspect d'une griffe est présent dans la partie postéro-ventrale de l'abdomen. Le corps, les antennes et les mandibules sont fixés aux valves de la carapace par des muscles adducteurs (fig. 1).

Certains groupes d'ostracodes n'ont pas d'organes visuels; chez ceux qui en possèdent, ils sont situés à l'intérieur de la carapace dans la partie antéro-dorsale des valves.

Les ostracodes croissent par mues successives, de sept à neuf durant leur vie. Ils se reproduisent par ponte et leurs œufs peuvent supporter de longues périodes de dessiccation, allant jusqu'à plusieurs années. Ces œufs desséchés peuvent être transportés par le vent ou par la boue accrochée aux pattes d'oiseaux à des distances considérables et éclosent plus tard dans des milieux aqueux favorables.

La taille moyenne d'un ostracode est de l'ordre du millimètre, la plus petite espèce vivant actuellement ne mesure que 0,15 mm, tandis que la plus grande atteint 23 mm.

La systématique des ostracodes est relativement complexe, celle des formes actuelles, utilisée par les zoologues, est basée principalement sur les parties molles de l'animal, celle des formes fossiles, utilisée par les micropaléontologues, est basée sur certaines particularités de la carapace (forme générale, type de charnière, empreintes musculaires... - fig. 2) Au total, plusieurs milliers de genres et des dizaines de milliers d'espèces sont actuellement décrites.

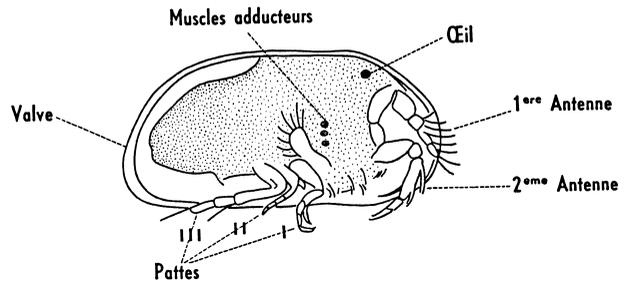


Fig. 1 : *Cyprideis torosa* Jones 1856. Actuel x 40 env. Valve droite enlevée, animal schématisé d'après Sars in Grekoff 1960.

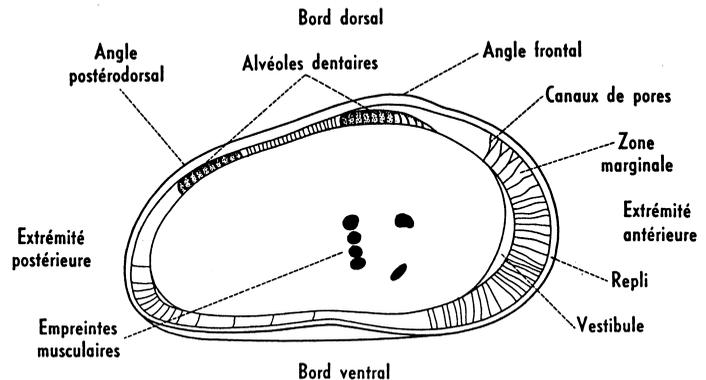


Fig. 2 : valve gauche de *Cytheridea mulleri* (Munster 1830). Vue de l'intérieur x 80 environ. Schématisé d'après Kollmann. in Grekoff 1960.

Mode de vie

Le milieu de vie des ostracodes est l'eau : eau douce (fleuves, rivières, lacs, étangs, sources, abreuvoirs...), eau dessalée ou sursalée des estuaires, lagunes et marécages, eau de mer.

En milieu marin, ils prolifèrent dans les eaux littorales et sur le plateau continental (jusqu'à 200 m de profondeur) mais se trouvent également dans les domaines bathyal et abyssal (près de 4 000 m). La plupart sont benthoniques, c'est-à-dire qu'ils vivent au fond de l'eau, sur ou dans le sédiment (certaines espèces peuplent les interstices libres entre les grains de sable) et sur les plantes aquatiques.

Sauf exception, les ostracodes préfèrent les eaux calmes ou les courants modérés, les fonds vaseux ou finement sableux, riches en végétation et en matière organique.

La salinité des eaux est le facteur décisif qui intervient dans leur mode de vie et dans la répartition géographique. On distingue trois grands groupes : les ostracodes d'eau douce (salinité 0 à 0,5 ‰), d'eau saumâtre (salinité de 0,5 à 18 ‰) et d'eau marine (salinité 18 à 30 ‰).

Les spécialistes classent généralement les eaux saumâtres et marines en quatre ou six catégories ; la classification adoptée pour nos études est celle établie par Remane & Schliefer, 1958 :

oligohalines (0,5 à 3 ‰), meiomésohalines (3 à 10 ‰), pleiohalines (10 à 18 ‰), polyhalines (18 à 30 ‰), euhalines (30 à 40 ‰), hyperhalines (40 à 45 ‰). Il existe un certain nombre d'ostracodes spécifiques de chacune de ces catégories, preuve de la sensibilité et de la souplesse d'adaptation de ces organismes aux faibles comme aux fortes variations de la salinité, comme le montre l'exemple en figure 3 (p. 80), ce qui contribue à leur valeur en tant que fossiles.

LES OSTRACODES OLIGOCÈNES DU TERRITOIRE DU LUBERON

La microfaune d'ostracodes rencontrée lors de nos premiers travaux dans l'Oligocène de Forcalquier et de Manosque se composait de vingt espèces (Apotolescu, 1968). Les études ultérieures (Apotolescu & Guernet 1999 ; Apotolescu & Dellenbach, 1999, 2000) en ont dénombré dix de plus, ce qui fait qu'aujourd'hui nous en connaissons trente : trois caractéristiques du milieu marin (salinité de 18 à 30 ‰), onze du milieu saumâtre (salinité 0,5 à 18 ‰) et seize du milieu d'eau douce. Dix-huit de ces espèces sont connues depuis longtemps dans les formations oligocènes d'âges Rupélien et Chattien d'Allemagne (bassin de Mayence), d'Alsace (bassin de Pechelbronn) et de Suisse. Les douze restantes sont des espèces nouvelles que nous avons décrites et qui sont limitées jusqu'à présent à la Provence et en particulier au Luberon.

La répartition verticale de l'ensemble des espèces (fig. 4, p. 81) a permis d'établir la distinction pour la première fois dans la région, entre les étages Rupélien et Chattien et leur subdivision, respectivement en deux

et quatre zones (ou faunizones), l'ensemble constitue la clef qui ouvre sur une biostratigraphie précise, sur la reconstitution dans le temps et dans l'espace des paléomilieux et sur l'esquisse paléobiogéographique englobant tous les bassins oligocènes de Haute-Provence (Apotolescu & Dellenbach).

Les six zones définies ne prétendent pas diviser les quelque treize millions d'années, durée acceptée de l'Oligocène, en six intervalles égaux. Ce sont des repères temps-espace¹ dont la reconnaissance sur le terrain permet de comprendre, donc de cartographier, la succession des strates, notamment lorsque les terrains ont été faillés et plissés comme dans la région du Luberon.

La série oligocène qui a servi de référence à nos études se situe géographiquement dans le secteur de Forcalquier. Épaisse d'environ 700 m, c'est là qu'elle paraît à l'affleurement, la plus complète et la moins affectée par les déformations tectoniques post-oligocènes.

Les strates les plus anciennes de cette série sont attribuées au Rupélien (- 37 à - 32 millions d'années). Elles sont constituées d'une quarantaine de mètres de sédiments terrigènes grossiers (conglomérats formés de gros blocs, grès, sables...) résultant essentiellement du démantèlement des reliefs datant du Crétacé bordant le bassin dans ce secteur, et ne contiennent aucune faune ou microfaune.

La première espèce d'ostracode rencontrée immédiatement au-dessus (calcaires de Revest, zone I) représente le milieu marin littoral ; suivent, en alternance et jusqu'à la fin du Rupélien (calcaires de Revest, zone II), des associations d'espèces saumâtres et d'eau douce. C'est l'image d'un milieu alimenté au début de la sédimentation par une eau marine polyhaline, fortement diluée ensuite par les apports fréquents d'eau douce (rivières, précipitations météoriques).

En revanche, dans le même temps dans les secteurs de Manosque (col de la Mort d'Imbert) et d'Apt (cluse de la Doua), les ostracodes attestent d'une sédimentation se faisant quasi exclusivement en milieu saumâtre, allant de pleiohalin à meiomésohalin, marqué sporadiquement par des incursions marines (eaux poly-

1. On notera qu'en stratigraphie, la notion de zone (ou biozone) est de nature temporelle plutôt que spatiale - cf. glossaire en fin de volume (NDLR).

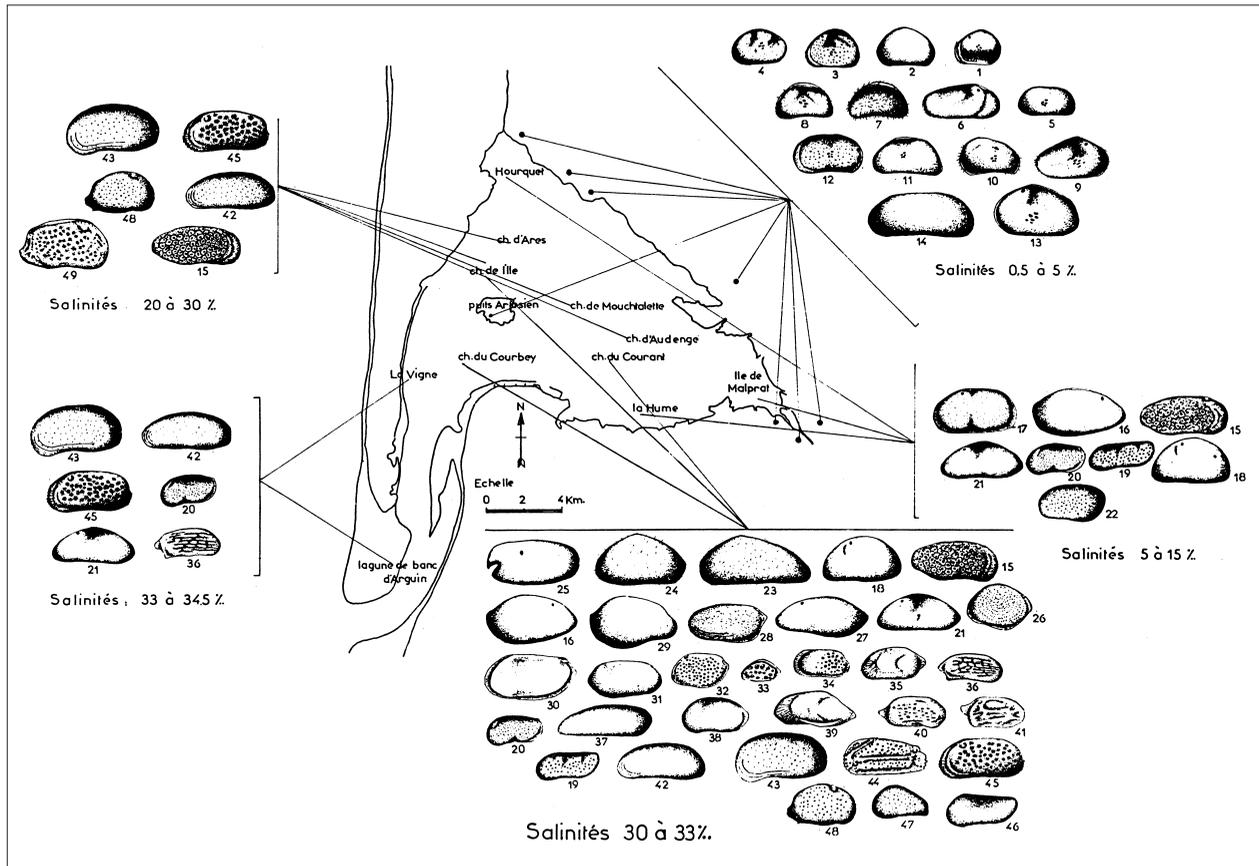


Fig. 3 : répartition des associations d'Ostracodes actuels dans le bassin d'Arcachon en fonction de la salinité, d'après Yassini, 1969.

- | | | |
|--|---------------------------------------|--|
| 1 - <i>Notodromas monachus</i> | 19 - <i>Leptocythere pellucida</i> | 36 - <i>Semicytherura sella</i> |
| 2 - <i>Cypria ophthalmica</i> | 20 - <i>Leptocythere castanea</i> | 37 - <i>Sabnia subulata</i> |
| 3 - <i>Cypridopsis vidua</i> | 21 - <i>Cytherois fisheri</i> | 38 - <i>Microcytherura fulva</i> |
| 4 - <i>Cyclocypris laevis</i> ssp <i>vavra</i> | 22 - <i>Loxococoncha elliptica</i> | 39 - <i>Semicytherura producta</i> |
| 5 - <i>Candona</i> sp. | 23 - <i>Pontocypris mytiloides</i> | 40 - <i>Semicytherura striata</i> |
| 6 - <i>Candona fabaeformis</i> | 24 - <i>Propontocypris pirifera</i> | 41 - <i>Semicytherura angulata</i> |
| 7, 8 - <i>Potamocypris villosa</i> | 25 - <i>Cylindroleberis mariae</i> | 42 - <i>Hemicytherideis elongata</i> |
| 9 - <i>Eucypris virens</i> | 26 - <i>Loxococoncha rhomboidea</i> | 43 - <i>Heterocythereis albomaculata</i> |
| 10 - <i>Candona compressa</i> | 27 - <i>Paradoxostoma ensiforme</i> | 44 - <i>Carinocythereis emaciata</i> |
| 11 - <i>Candona rostrata</i> | 28 - <i>Bythocythere constricta</i> | 45 - <i>Urocythereis oblonga</i> |
| 12 - <i>Eucypris crassa</i> | 29 - <i>Paradoxostoma normani</i> | 46 - <i>Leptocythere tenera</i> |
| 13 - <i>Eucypris affinis</i> | 30 - <i>Hirschmannia tamarindus</i> | 47 - <i>Eucythere declivis</i> |
| 14 - <i>Herpetocypris reptans</i> | 31 - <i>Elofonia pusilla</i> | 48 - <i>Aurila convexa</i> |
| 15 - <i>Leptocythere fabaeformis</i> | 32 - <i>Loxococoncha guttata</i> | 49 - <i>Aurila emarginata</i> |
| 16 - <i>Paradoxostoma variabile</i> | 33 - <i>Hemicytherura cellulosa</i> | |
| 17 - <i>Cyprideis torosa</i> | 34 - <i>Cuneocythere semipunctata</i> | |
| 18 - <i>Xestoleberis aurantia</i> | 35 - <i>Semicytherura nigrescens</i> | |

Fig. 4 : répartition stratigraphique des Ostracodes oligocènes (Apostolescu & Dellenbach, 1999).

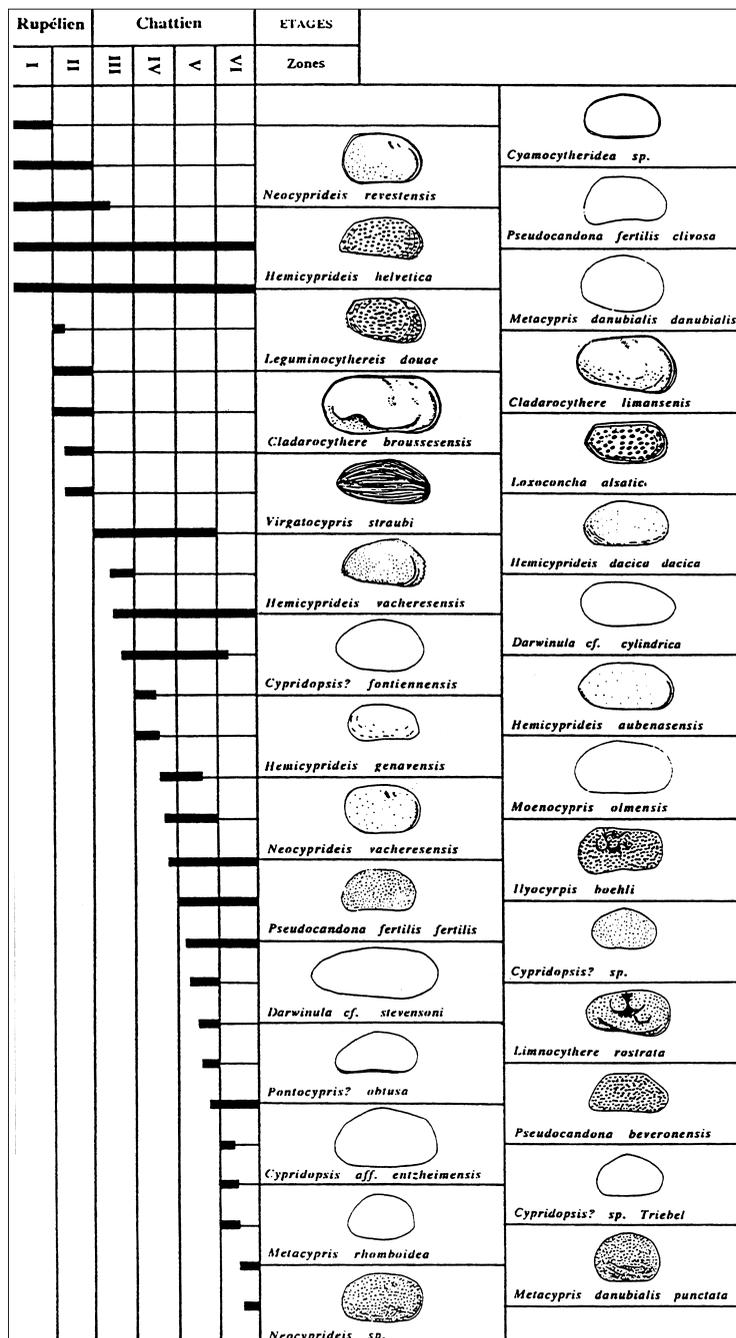
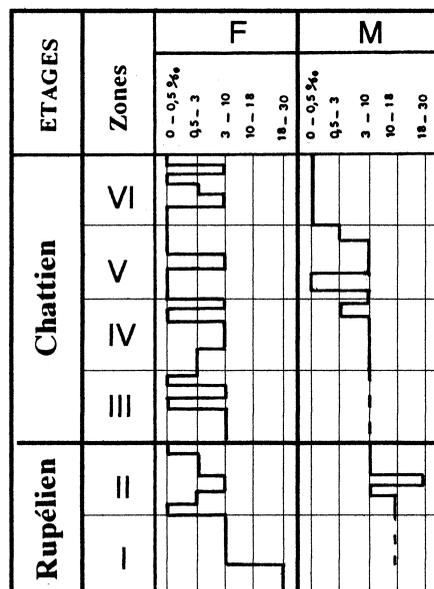


Fig. 5 : Schéma des variations de la salinité des milieux dans la région de Forcalquier (F)- Manosque (M).



halines). Tout cela nous conduit à supposer que durant le Rupélien, les relations mer-bassin continental dépendaient, d'une manière générale, étroitement de la morphologie et de la sinuosité des rivages correspondant à un découpage tectonique de blocs effondrés « en chicanes » qui devaient dessiner un réseau complexe de passages difficiles d'accès pour les eaux marines et pour leur répartition géographique.

Le secteur de Manosque, en outre, a été, durant tout l'Oligocène, la zone de sédimentation la plus subsidente (« graben ») du bassin, où furent déposés des sédiments inconnus à l'affleurement. Il s'agit, en particulier, de dépôts salifères d'épaisseur importante, sans doute plus de 2000 mètres, dont l'âge et l'origine ont souvent porté à controverse.

En effet, selon une hypothèse formulée à une certaine époque (et à laquelle certains géologues sont encore attachés) qui considère la sédimentation oligocène intégralement lacustre, le sel ne pouvant dans ce cas se former *in situ*, avait donc son origine dans la dissolution des séries salifères du Trias (- 230 à - 180 millions d'années).

Ce qui est certain, d'après les Ostracodes, c'est que, dès le début de la sédimentation rupélienne, les eaux salées d'origine marine étaient présentes dans le bassin d'Apt - Manosque - Forcalquier et qu'ensuite, un régime saumâtre allant du pleiohalin au meiomésosalin s'est maintenu en particulier dans le secteur de Manosque. Dans ces conditions, le sel, a pu, *a priori*, se former et se développer *in situ* durant cette période longue d'environ cinq millions d'années.

Rappelons enfin que le dosage des traces de brome (rapport Br/Cl) effectué par Touray (1975) a donné des valeurs que cet auteur considère comme plaçant fortement en faveur d'une origine marine de ce sel, tout en n'excluant pas l'hypothèse « *d'une précipitation de saumures continentales mimant l'eau de mer* ».

Au Chattien (- 32 à - 24 millions d'années), il n'y a plus de manifestations marines; les milieux de sédimentation se caractérisent pendant cette période par des alternances de durées variables des eaux saumâtres meiomésosahlines - oligohalines et douces.

Durant les zones III (niveaux du Couvent et d'Ybourgues) et IV (calcaires de Vachères) le milieu de sédimentation est essentiellement meiomésosalin. Le régime d'eau douce s'installe d'une manière quasi per-

manente à partir de la zone V (marnes de Viens / calcaires de Fontienne) jusqu'à la fin de la zone VI (calcaires de Reillanne) (fig. 5).

Pendant toute la durée de l'Oligocène, les eaux des bassins ou des fossés continentaux de la région furent généralement calmes, localement mal drainées ou stagnantes, riches en matière organique et en sulfates; elles s'épalaient sur des épaisseurs de l'ordre de la dizaine de mètres au Rupélien et sensiblement moins encore au Chattien dans ce bassin d'effondrement se comblant au fur et à mesure de la subsidence.

Nous venons de passer brièvement en revue les principaux événements qui ont marqué la sédimentation oligocène dans la région étudiée, mis en évidence par la microfaune d'ostracodes. C'est une vision de l'avènement de l'Oligocène et de son évolution sédimentaire, sensiblement différente de celle décrite dans la littérature basée essentiellement sur des critères lithologiques et montrant une homogénéité et la monotonie répétitive d'un milieu de dépôts de type lacustre.

Dans le domaine de la stratigraphie, l'établissement d'une échelle basée sur les ostracodes, permet de corréler et de suivre dans le temps et dans l'espace, l'évolution de tous les types de faciès et d'esquisser la paléobiogéographie des bassins.

Pour terminer, il nous reste à rappeler qu'en Provence, les formations géologiques dites continentales, ne se limitent pas à l'Oligocène; elles existent depuis le Crétacé supérieur (au moins depuis - 80 millions d'années) et sont présentes dans tout le Paléogène où elles posent des problèmes ardues d'identification de milieux et de datation.

Jusqu'à présent, seuls les ostracodes crétacés ont été étudiés en détail (Babinot, 1980). Il reste donc encore à étudier ceux des bassins paléocènes et éocènes.

BIBLIOGRAPHIE

- APOSTOLESCUV., 1968, Reconstitution des conditions de sédimentation et des milieux de dépôt par des données sédimentologiques et paléobionomiques conjuguées. Exemple de l'Eocène-Oligocène de Forcalquier-Manosque (Basses-Alpes), *Revue de l'Institut français du pétrole*, Vol. 23/6, p. 774-792, 1 pl.
- APOSTOLESCUV. & GUERNET C., 1992, Les ostracodes oligocènes de la région Forcalquier-Manosque (Bassin continental d'Apt, Haute-Provence), *Revue de micropaléontologie*, Vol. 35/2, p. 91-115, 16 fig., 3 pl.
- APOSTOLESCUV. & DELLENBACH J., 1999, *Les ostracodes oligocènes de Haute-Provence - Une contribution à la paléobiogéographie de l'Oligocène*, ISBN 2-9513778-00, Paris, 30 p., 15 fig., 3 pl.
- APOSTOLESCUV. & DELLENBACH J., 2000, Contribution des ostracodes à la biostratigraphie et à la paléobiogéographie de l'Oligocène de Haute-Provence (SE France), *Géologie méditerranéenne*, T. XVI, N° 3-4, sous presse.
- BABINOT J.-F., 1980, Les ostracodes du Crétacé supérieur de Provence, *Travaux du Laboratoire de géologie historique et de paléontologie*, Université de Provence, Marseille, N° 10, 634 p.
- GREKOFF N., 1960, *Aperçu sur les ostracodes fossiles*, Ed. Technip, Paris, 66 p., 15 pl.
- MÜLLER O.F., 1785, *Entomostraca seu Insecta Testacea. Lipsiae et Havinae*, Francfurt-am-Main.
- REMANE A. & SCHLIEFER C., 1958, *Die Biologie des Brackwassers*, Die Binningewasser, Stuttgart, vol. 22, 238 p.
- TOURAY J.-C., 1975, Conditions de dépôts de sel gemme du bassin de Manosque : les données du dosage des traces de brome à diverses échelles de prélèvement, *IX^e congrès international de sédimentologie*, Nice, 3 p.
- YASSINI I., 1969, Écologie des associations d'ostracodes du bassin d'Arcachon et du littoral atlantique. Application à l'interprétation de quelques populations du tertiaire aquitain, *Bulletin de l'Institut de géologie du bassin d'Aquitaine*, n° 7, 288 p., 54 fig., 39 pl.