

La flore de l'Oligocène de Provence méridionale : implications stratigraphiques, environnementales et climatiques*

Premier congrès français
de stratigraphie
Toulouse, 12-14 septembre 1994

Jean-Jacques CHÂTEAUNEUF⁽¹⁾
Denise NURY⁽²⁾

*The flora of the Oligocene of southern Provence:
stratigraphic, environmental and climatic implications*

Géologie de la France, n° 2, 1995, pp. 43-55, 2 fig., 4 tabl.

Mots-clés : Palynomorphe, Oligocène, Biostratigraphie, Paléoenvironnement, Paléoclimat (Bouches-du-Rhône, Provence).

Key words: Palynomorphs, Oligocene, Biostratigraphy, Paleoenvironment, Paleoclimatology (Bouches-du-Rhône, Provence)

Résumé

L'Oligocène de Provence méridionale a fait l'objet d'une recherche systématique de microflore à l'occasion des nombreux travaux de cartographie et d'aménagement effectués depuis 20 ans dans les bassins d'Aix-en-Provence et Marseille. L'identification et les comptages des pollens, spores et dinokystes dans les formations comprises entre les Lignites de Saint-Zacharie, à la base, et la Formation d'Aix-en-Provence, au sommet, ont permis de reconnaître, du point de vue stratigraphique :

– un Stampien à *Boelhensipollis hohli* et *Wetzeliella gochtii*

– un Chattien à *Tsuga*, *Abies* et *Picea*

– un Chattien terminal (= zone de Codcret) où apparaissent de nouveaux genres (*Armeria*, *Avicennia*, etc.) annonçant la végétation du Néogène.

Les trois grands cycles sédimentaires définis dans ces bassins sont marqués par des oscillations climatiques caractéristiques avec, en particulier, une période de sécheresse très nette à la base du Chattien.

La présence de dinoflagellés, dont les associations varient avec les milieux de dépôt représentés dans ces bassins, en particulier avec la dessalure ou le confinement, est le plus souvent localisée au voisinage des horizons de gypse ou de carbonates. L'analyse édaphique et phytosociologique des associations sporo-polliniques au cours du Stampien et du Chattien, a permis de mettre en relation les zones de végétation avec l'évolution tectonique de ces deux bassins. Enfin, la microflore associée à la flore oligocène connue depuis le XIX^e siècle dans cette région, montre que le climat chaud et humide de la base du Stampien fait place au cours du Stampien supérieur à un climat plus sec, puis plus froid au Chattien, en même temps que les conifères d'altitude se développent et descendent dans les zones basses du bassin.

English abridged version

During the last 20 years, geological mapping, drilling and excavation works in the Aix-en-Provence and Marseille basins have been systematically accompanied by surveys of the microflora. The

identification and counting of pollens, spores and dinocysts in the formations between the Saint-Zacharie Lignites at the base and the Aix-en-Provence Formation at the top, has enabled the stratigraphic attribution of the three major sedimentary cycles recognized in these basins, as follows :

1) Stampian, characterized by *Boelhensipollis hohli* and *Wetzeliella gochtii*

2) Chattian, with *Abies*, *Picea* and *Tsuga*, but lower than zone of Codcret

3) End-Chattian (zone of Codcret), with the appearance of new genera, precursors of Neogene forms, such as the genera *Armeria* and *Avicennia*.

The three sedimentary cycles are marked by distinctive climatic oscillations with, in particular, a well-defined dry period at the base of the Chattian.

The dinoflagellate associations vary with the depositional environment in which they are found, being affected in particular by dilution with fresh water and by confinement; they are most com-

* Communication orale lors du 1^{er} Congrès français de Stratigraphie, Toulouse, 12-14 septembre 1994.
Manuscrit déposé le 14 septembre 1994, reçu le 20 octobre 1994, accepté définitivement le 17 mars 1995.

(1) BRGM, DSGN, BP 6009, 45000 Orléans Cedex 02.

(2) Université de Provence, Centre de Saint-Charles, Laboratoire de Géologie structurale et appliquée, case 28, 13331 Marseille Cedex 3.

monly localized in the vicinity of intervals of gypsum or carbonates. Thus, the open marine Spiniferites and Millioudinium associations (in the upper Saint-Marcel of Aix-en-Provence Formations) give way to monospecific (*Wetzeliella gochtii* or *Deflandrea phosphoritica* associations in confined palustrine or fluvio-deltaic intervals.

Edaphic and phytosociological analysis of the sporepollen associations encountered and enables the definition of vegetation zones for these basins the Oligocene history of which provides information on the geomorphology and its evolution, itself controlled by the extensional tectonic evolution of the region. Thus, mesophile forest or grassy savanna varied in extent between permanent mountain and palustrine zones.

The reversal of the zones of detrital input into the two basins at the time of deposition of the Figons Sand, in which the first Alpine minerals appear (Nury, 1988), is confirmed by the end, at the same time, of reworking of Upper Triassic and Cretaceous pollens derived from the south of the Marseille basin.

The flora and microflora also give information on the climates that prevailed in southern Provence during the Oligocene. The hot, wet conditions of the early Stampian gave way, during the latest Stampian, to cooler, drier conditions. During the early Chattian, the colder, drier climate saw the development of high altitude conifers in the lowest zones. At the end of the early Stampian, mesophile forest repopulated the low altitude zones, while the vegetation in zones bordering areas of open water developed under a Mediterranean climate. Lastly, at the end of the Oligocene, a drier climatic swing (in the Aix basin) preceded the thermophile floras that characterize the Aquitanian.

Introduction

L'Oligocène de Provence méridionale (fig. 1) a fait l'objet d'une révision stratigraphique et tectono-sédimentaire récente (Nury, 1988). Les études palynologiques ont largement contribué à établir la nouvelle stratigraphie proposée et

à caractériser les environnements de dépôts au cours de cette période.

La figure 1 présente le plan de situation des ensembles d'échantillons prélevés dans les bassins et numérotés selon leur position dans la stratigraphie établie par D. Nury (1988, 1994), D. Nury et C. Cavelier (1994), et M. Hugueney et M. Ringeade (1990).

Les dépôts de l'Oligocène provençal étant globalement de nature continentale, notre étude s'est faite en référence aux successions du bassin de Paris et de la Limagne. Nous conserverons donc le terme Stampien pour désigner les dépôts d'âge Oligocène inférieur désormais classés dans l'étage international Rupélien. Nous emploierons le terme Chattien pour l'Oligocène supérieur, en précisant bien que les subdivisions adoptées pour cet étage sont uniquement locales, et ne peuvent être mises en équivalence actuellement, avec les successions allemandes.

Les formations contenant la flore et la microflore

(tabl. 1)

Dans l'ensemble très oxydées et rubéfiées, les formations oligocènes de Provence méridionale sont généralement pauvres en restes végétaux ; mais une recherche systématique des flores et microflore a conduit à la découverte d'horizons fossilifères suffisamment nombreux et significatifs pour pouvoir être utilisés dans l'établissement d'une échelle biostratigraphique. Ces niveaux sont le plus souvent riches en matière organique et leur couleur est noire, grise, brune, plus rarement verte ou blanche. Ils sont répertoriés dans le tableau 1 qui présente les corrélations stratigraphiques établies entre les divers bassins étudiés (Nury, 1988).

La succession la plus riche est celle du bassin de Marseille pour laquelle nous avons bénéficié du matériel issu des sondages relatifs à de nombreux travaux souterrains (métro, galerie de l'émissaire II, ouvrages divers (Château-neuf, 1977), et des carrières et affleurements (souvent temporaires) examinés systématiquement lors de la cartographie géologique détaillée de ce bassin (Nury : 1988, carte à 1/50 000 de Marseille en

cours de révision et Marseille-Martigues, 1979).

Parallèlement, des travaux cartographiques et des levés de coupes sur d'autres bassins ont complété ces études : bassins d'Aix-en-Provence, de la Durance, de Peypin la Destrousse - Saint-Zacharie, et de la Nerthe (Nury, cartes à 1/50 000 de Pertuis, 1970, Aix-en-Provence, 1970 et Marseille-Martigues, 1979).

A titre indicatif, une cinquantaine de coupes et de sondages ont été étudiés représentant plus de 500 échantillons, parmi lesquels une centaine ont été favorables à l'analyse palynologique.

La microflore des formations oligocènes

Stampien du bassin de Marseille

La microflore la plus ancienne reconnue dans l'Oligocène du bassin de Marseille provient des couches à lignites de Saint-Zacharie dans le nord-est du bassin. L'association sporo-pollinique de ces couches est essentiellement composée de coniférales (*Pinus* et *Cathaya*) et d'une flore à ptéridophytes (*Schizaeaceae*, *Gleicheniaceae*, *Polypodiaceae*) et spermatophytes mégathermes (*Cupressaceae*, *Taxodiaceae*, *Palmae*, *Restionaceae*, *Hamamelidaceae*, *Sapotaceae*, *Cyrillaceae*, *Clethraceae*). Quelques très rares exemplaires de *Boelhensipollis hohli*, pollen marqueur du Stampien, ont été reconnus dans cette association. Les mêmes couches ont livré à G. de Saporta (1863) une macroflore abondante (120 espèces décrites), sensiblement différente en composition et beaucoup plus diversifiée que la flore pollinique, avec présence en particulier de *Myricaceae*, *Araliaceae* et *Rhamnaceae*. L'ensemble correspond à un climat chaud et humide avec quelques rares genres microthermes (*Betula*, *Acer*, *Carpinus*). Les Calcaires à Striatelles (s.s.) n'ont pas livré de microflore.

Les couches du membre inférieur de la Formation de Saint-Marcel, succédant aux calcaires, ont fourni une association sporo-pollinique diversifiée appartenant aux *Cupressaceae*, *Taxodiaceae*, *Pinaceae*, *Sapotaceae*, *Schizaeaceae*, *Ephedraceae*, associée à des genres

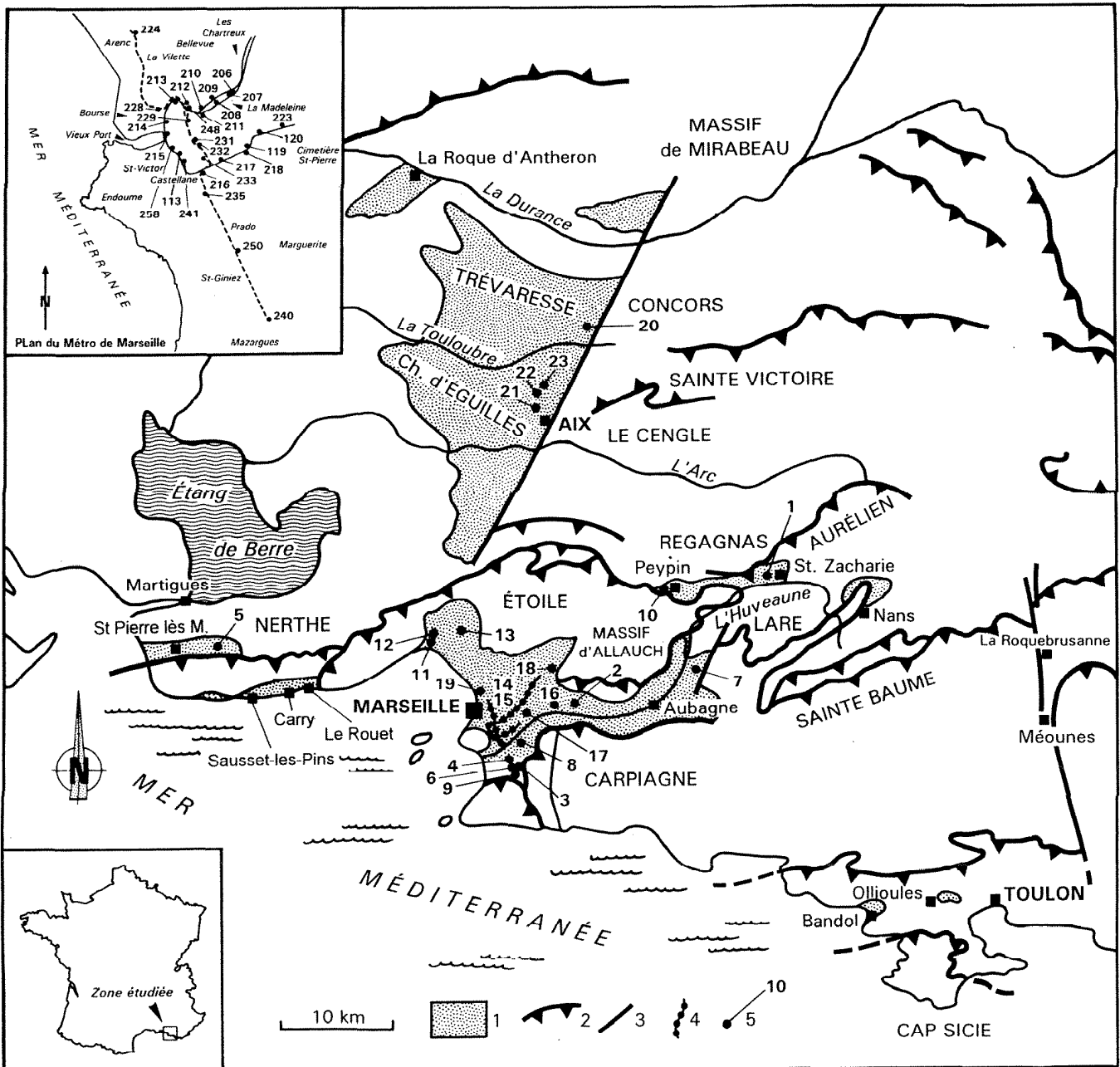


Fig. 1. - Situation des échantillons et coupes dont la microflore a été étudiée.

1 - Affleurements d'Oligocène ; 2 - Chevauchement ; 3 - Faille ; 4 - Sondages du métro de Marseille (détail dans l'encadré) ; 5 - Position des coupes ou échantillons étudiés (cf. liste ci-dessous et position stratigraphique sur le tableau 1).

Liste des coupes/Sections references

1 - Saint-Zacharie (ancienne mine) ; 2 - Tuilerie de Saint-Marcel ; 3 - Valmante ; 4 - Emissaire II ; 5 - Saint-Julien ; 6 - Emissaire II ; 7 - Gemenos ; 8 - Romain Rolland ; 9 - Emissaire II ; 10 - Peypin ; 11 - Calcaire de l'Estaque ; 12 - Saint-Henri Aqueduc ; 13 - Carrières de Saint-Henri - Saint-André ; 14 et 15 - Sondages du métro de Marseille ; 16 - Air Bel ; 17 - Cantini ; 18 - Allauch A3 ; 19 - Cap Janet ; 20 - Venelles ; 21 - Stations d'essence ; 22 - Sondage du Puy-du-Roy (PR1) ; 23 - Les Lauves.

Fig. 1. - Location map of studied palynological samples.

1 - Oligocene outcrop ; 2 - Overthrust ; 3 - Fault ; 4 - Metro de Marseille boreholes (enlarged in the upper window) ; 5 - Location of studied sections or samples (listed below and arranged in stratigraphic order in table 1).

mésomicrothermes tels que : *Ulmus*, *Tilia*, *Betula*. Le marqueur stratigraphique du Stampien : *Boehlensipollis hohli* est présent, souvent associé à *Slovakipollis hippophaeoides* comme à Valmante ou dans le sondage S1 de

l'émissaire II. Ce même sondage a livré quelques exemplaires du dinoflagellé : *Wetzelia gochti*, marqueur du Stampien. L'ensemble de la flore évoque un milieu humide et un climat qui reste chaud.

Le membre supérieur de la Formation de Saint-Marcel renferme une flore à Pinaceae, Cupressaceae-Taxodiaceae et Juglandaceae, proche de celle des couches du membre inférieur. Cependant, quelques indicateurs xéro-

philes sont présents annonçant les dépôts de gypse postérieurs (*Ephedra*, Poaceae). Le sondage S30 (Emissaire II) qui recoupe ce membre a livré entre 10 et 15 m de profondeur, des dinoflagellés (genres *Spiniferites* et *Millioudodinium*) attestant la présence d'eau salée.

La Formation de Camoins-les-Bains (fossilifère au boulevard Romain-Rolland et à Peypin) contient une microflore palustre à algues d'eau douce ou saumâtre, Taxodiaceae (*Sequoia*), Juglandaceae (*Carya*), associée à des Hamamelidaceae, Sapotaceae, Ebenaceae, Nyctaginaceae, Myricaceae et à quelques éléments mésomicrothermes (*Betula*, *Alnus*, *Ulmus* et rares *Picea*, *Abies*, *Tsuga*). Les marqueurs *Boehlensipollis hohli* et *Slowakipollis hippophaeoides* sont toujours présents. Les dinoflagellés appartenant aux genres *Millioudodinium* et *Wetzeliella* signent l'environnement saumâtre de cette formation.

La macroflore décrite par G. de Saporta (1866) dans cette formation à Saint-Jean de Garguier, Fenestrelle, Allauch..., comporte à peu de chose près les mêmes genres. Notons la présence de Proteaceae, de Leguminosae qui n'ont pas été reconnues dans la microflore, et la présence de Sapindaceae, famille à laquelle le pollen *B. hohli* a été rapporté.

A Peypin, divers horizons ont fourni une association monospécifique de *Wetzeliella gochtii*, comportant des formes très variables intra-spécifiquement, tout à fait comparables à celles de certains niveaux saumâtres, fortement dessalés, du Stampien du bassin de Paris ou du Hampshire.

La Formation des Calcaires et Brèches de l'Estaque qui couronne la série stampienne n'a livré qu'un échantillon fossilifère, composé essentiellement d'herbacées halophiles (Chenopodiaceae) et de Poaceae (graminées). La strate arborée est très clairsemée. Le marqueur du Stampien *B. hohli* n'a pas été reconnu. En étant très prudent, compte tenu du seul échantillon ayant livré de la microflore, le climat correspondant à cette flore pourrait être beaucoup plus sec que celui qui antérieurement régnait au Stampien dans ces mêmes bassins.

BASSINS	MARSEILLE		LA NERTHE		AIX-EN-PROVENCE LA TRÉVARESSE PERTUIS		NUMÉROS DES COUPES	
	Formations	Localités	Formations	Localités	Formations	Localités		
STRATIGRAPHIE								
AQUITANIEN (?)			F ^o biodétritique de Sausset	Sausset	Rougiers	La Bastidonne		
CHATTIEN	récent	Cap Janet	Cap Janet	F ^o bioclastique de Carry Le Roussat Cap de Nautès Argiles et Conglo. sup. du Rouet	Carry-le-Rouet Cap Roussat Cap de Nautès	Aix en Provence	calc. d'Eguilles Sables Figons Les Lauves Puy-du-Roy Les stations Venelles	19 à 23
	TERMINAL	moyen	Piedautry Collet-Redon	Allauch A3	Grès et Conglom. du Rouet	Le Rouet	Poudingue de Galice	18
	ancien	Poudingues de Marseille	Cantini Air Bel Métro 4					15 à 17
CHATTIEN RÉCENT		Arnavaux St Marthe	Métro 3					14
CHATTIEN ANCIEN		St Henri St André	Métro 1-2 Carrières Aqueuduc			Argile des Milles		12-14
STAMPIEN TERMINAL		L'Estaque	L'Estaque Kuhiman					11
STAMPIEN SUPÉRIEUR RÉCENT		La Destrousse						
STAMPIEN SUPÉRIEUR ANCIEN		Les Camoins	Peypin Emissaire II Romain Rolland	St Pierre		Calc. de St Pons		0 à 10
		St Marcel supérieur	Emissaire II Lignite de Gemenos					6-7
STAMPIEN INFÉRIEUR RÉCENT		Saint Marcel inférieur	Emissaire II Valmante Tuilerie	Ponteau	St Julien	Calcaire de Luynes		2 à 5
STAMPIEN BASAL		Calcaire à Striatelles	St Zacharie					1
LUIDIEN MOYEN						La Daubergue		

Tabl. 1. - Stratigraphie de l'Oligocène de Provence méridionale et position des échantillons fossilifères (flore et microflore).

Légende : ☉ formations ou localités contenant des macrorestes.

Table 1. Oligocene stratigraphy of the Southern Provence and position of fossiliferous samples (flora and microflora).

Caption: ☉ formation or locality where macroflora has been recovered.

Chattien

Les bassins de Marseille et d'Aix-en-Provence contiennent une microflore chattienne abondante et variée dont l'essentiel provient des Argiles de Saint-Henri - Saint-André et des formations de Cap-Janet, Cap-de-Nautès (Carry-le-Rouet) et d'Aix-en-Provence.

Bassin de Marseille

La base des Argiles de Saint-Henri - Saint-André, située au-dessus du Calcaire de l'Estaque a livré une flore relativement "fraîche" à Pinaceae majoritaires et formes mésothermes (*Podocarpus*, *Acer*, *Betula*, *Ulmus*, *Carpinus*). Les espèces hygrophiles peuplant les bords des surfaces d'eau appartiennent aux familles des Cupressaceae, Schizeaceae et Restionaceae. C'est la zone 1 décrite dans les sondages du métro de Marseille (Châteauneuf, 1977).

Les Argiles de Saint-Henri - Saint-André ont été recoupées par les nombreux sondages de recherche des travaux du métro de Marseille (zone 2 et base de

la zone 3 - Châteauneuf, 1977). Les espèces de conifères d'altitude sont abondantes, attestant de la présence de reliefs importants sur les bordures du bassin de Marseille. Les espèces thermophiles appartenant aux Eleagnaceae, Hamamelidaceae, Nyssaceae, Palmae, Fagaceae (*p.p.*), présentes dans le Stampien, ont fortement régressé ou quitté le bassin. Ce rafraîchissement de la base du Chattien va cependant s'atténuer dans la partie supérieure de la zone 3, assimilée à la **Formation des Arnavaux - Sainte-Marthe** (intercalée entre les Argiles de Saint-Henri - Saint-André et les Poudingues de Marseille) avec la régression des espèces méso-microthermes et la réapparition des formes thermophiles, comparables à celles du Stampien.

La Formation des Poudingues de Marseille (Air Bel, Cantini, métro zone 4), constitue la base du Chattien terminal des bassins de Marseille, de la Nerthe et d'Aix-en-Provence. La flore anémophile à coniférales reste importante et alterne avec les niveaux plus hygrophiles à Taxodiaceae, *Carya*, Malvaceae et ptéridophytes. Certains taxons humides et

chauds, appartenant aux Nyssaceae, Clethraceae, Cyrillaceae, Oleaceae, font leur réapparition.

Des associations tout à fait similaires ont été rencontrées dans le sondage d'Allauch A3 (profondeur 32 m).

La Formation de Cap-Janet renferme certains horizons à microflore dont la composition est assez différente de celle des formations sous-jacentes : moins de conifères, plus d'éléments palustres et une composante herbacée (Ericaceae, Compositae, Chenopodiaceae Poaceae) en partie xérophile (*Armeria*, Ephedraceae), supplantant la strate arbustive, surtout mégatherme (Palmae, Oleaceae).

Cette formation pourrait être l'équivalent des Marnes du Puy-du-Roy, membre 5 de la Formation d'Aix-en-Provence.

Bassin d'Aix-en-Provence

La base de la **Formation d'Aix-en-Provence (Calcaires et Marnes des Stations d'essence**, membre 2 de la Formation d'Aix-en-Provence, et **Formation des Calcaires et Marnes de Venelles**, coupe de Venelles) est riche en coniférales (avec présence de *Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Cedrus*, *Tsuga*) associées à des familles et des genres méga-mésothermes (Juglandaceae, Araliaceae, Oleaceae, Sapotaceae, Schizeaceae, Hamamelidaceae) ou microthermes (*Corylus*, *Ulmus*, *Betula*, *Myrica*, *Alnus*), mais aussi à des herbacées (*Poaceae*) et des hygrophiles (Cyperaceae, *Azolla*, Sparganiaceae).

Les nombreux niveaux à dinokystes (genres *Cordosphaeridium* et *Deflandrea*) précèdent ou suivent généralement les horizons palustres où quelques rares pollens de mangrove ont été reconnus (genre *Rizophora*).

Dans les **Calcaires et Marnes à gypse d'Aix** (membre 3 de la Formation d'Aix-en-Provence), reconnus et étudiés à la base du sondage PR1 (Puy-du-Roy), on remarque une nette régression des coniférales au profit des arbres mésothermes et du développement de la strate herbacée, et dans une moindre mesure,

de la flore méditerranéenne. Les **Calcaires et Laminites des Plâtrières** (membre 4 de la Formation d'Aix-en-Provence) voient le développement des prairies à *Poaceae* (graminées) et des flores hygrophiles (Nympheaceae).

Dans les **Marnes du Puy-du-Roy** (membre 5 de la Formation d'Aix-en-Provence), les éléments mésothermes prennent de l'importance. La conservation de la microflore se dégrade fortement (oxydation, détritisme et horizons à pyrite des marnes bleues).

Les Sables des Figons (membre 6 de la Formation d'Aix-en-Provence) voient une diminution des éléments mégathermes, au profit des mésothermes et des herbacées.

La microflore du sommet du sondage PR 1 qui a recoupé le **Calcaire d'Eguilles** (membre 7, Formation d'Aix-en-Provence) voit la réapparition des taxons humides avec une grande abondance des spores de Schizaeaceae.

Une importante macroflore a été décrite par G. de Saporta (1872) dans la Formation d'Aix-en-Provence, au niveau des Calcaires et Laminites des Plâtrières. La plupart des pollens et spores identifiés dans les coupes étudiées peuvent être rapportés à des familles représentées par des macrorestes. Cependant, certains genres importants décrits par G. de Saporta n'ont pas été identifiés dans les associations palynologiques (pollens rares, à dissémination entomophile, ou pollens à conservation délicate), tels les genres : *Podocarpus*, *Ficus*, *Salix*, *Laurus*, *Catalpa*, *Diospyros*, *Magnolia*, *Bombax*, *Zygophyllum*, *Celastrus*, *Zigophus*, *Rhamnus*, *Myrtus*, *Caesalpinia* et *Mimosa*. Tous ces genres tropicaux, pour la plupart originaires du sud-est de l'Asie, confèrent à cette flore un caractère chaud et humide, beaucoup plus prononcé que celui qui peut être déduit de la microflore.

Le tableau 2 fournit les éléments les plus importants de la répartition des micro-flores du Stampien et du Chattien des bassins de Marseille, de la Nerthe et d'Aix-en-Provence. Nous avons signalé, chaque fois que la correspondance pouvait être établie entre microflore et macroflore (en termes de genres ou de

familles), la présence de macrorestes en provenance des lignites de Saint-Zacharie, de la Formation d'Aix-en-Provence et de diverses localités fossilifères de la Formation des Camoins.

Les apports de la palynologie à la stratigraphie des bassins

Au Stampien

Après la "Grande coupure" entre Eocène supérieur et Oligocène, qui est marquée dans toute l'Europe par la disparition d'une partie importante des flores mégathermes de l'Eocène, les marqueurs stratigraphiques d'extension suprarégionale, susceptibles d'être utilisés pour des corrélations à longue distance, deviennent extrêmement rares. Les seuls qui peuvent être utilisés actuellement sur le plan qualitatif (c'est-à-dire sur des critères de présence ou d'absence et non sur des critères de représentativité quantitative), sont *Boelhensipollis hohli* et *Slowakipollis hippophaeoides*. Leur répartition coïncide approximativement dans le bassin de Paris (Châteauneuf, 1980), le fossé rhénan (Schuler, 1990) et le Massif armoricain (Ollivier-Pierre *et al.*, 1993) avec les limites inférieure et supérieure du Stampien.

De rares exemplaires de la première espèce ont été trouvés dans les niveaux de la mine de Saint-Zacharie. Ces derniers pourraient donc être rapportés à la base du "Sannoisien". En effet, *Boelhensipollis hohli* apparaît dans le bassin de Paris dans les Caillasses d'Orgemont, c'est-à-dire au-dessus de l'Argile verte de Romainville, premier terme du Stampien (faciès sannoisien).

Les pollens les plus récents rapportés à cette espèce ont été identifiés dans la Formation des Camoins. Les deux formations encadrant la zone de répartition de cette espèce (tab. 2), les Calcaires à Striatelles (*s.s*) et les Calcaires à l'Estaque, n'ont pas livré de *Boelhensipollis hohli*, la première étant aphytique, la seconde étant très peu fossilifère. Le reste de la flore est tout à fait comparable à celle que nous connaissons dans le Stampien du bassin de Paris, et en

particulier, celle du membre inférieur de la formation de Saint-Marcel, qui peut être parallélisée à la microflore du "Sannoisien" classique (abondance des Sapotaceae, Cupressaceae-Taxodiaceae, Fagaceae/cupulifères et Oleaceae).

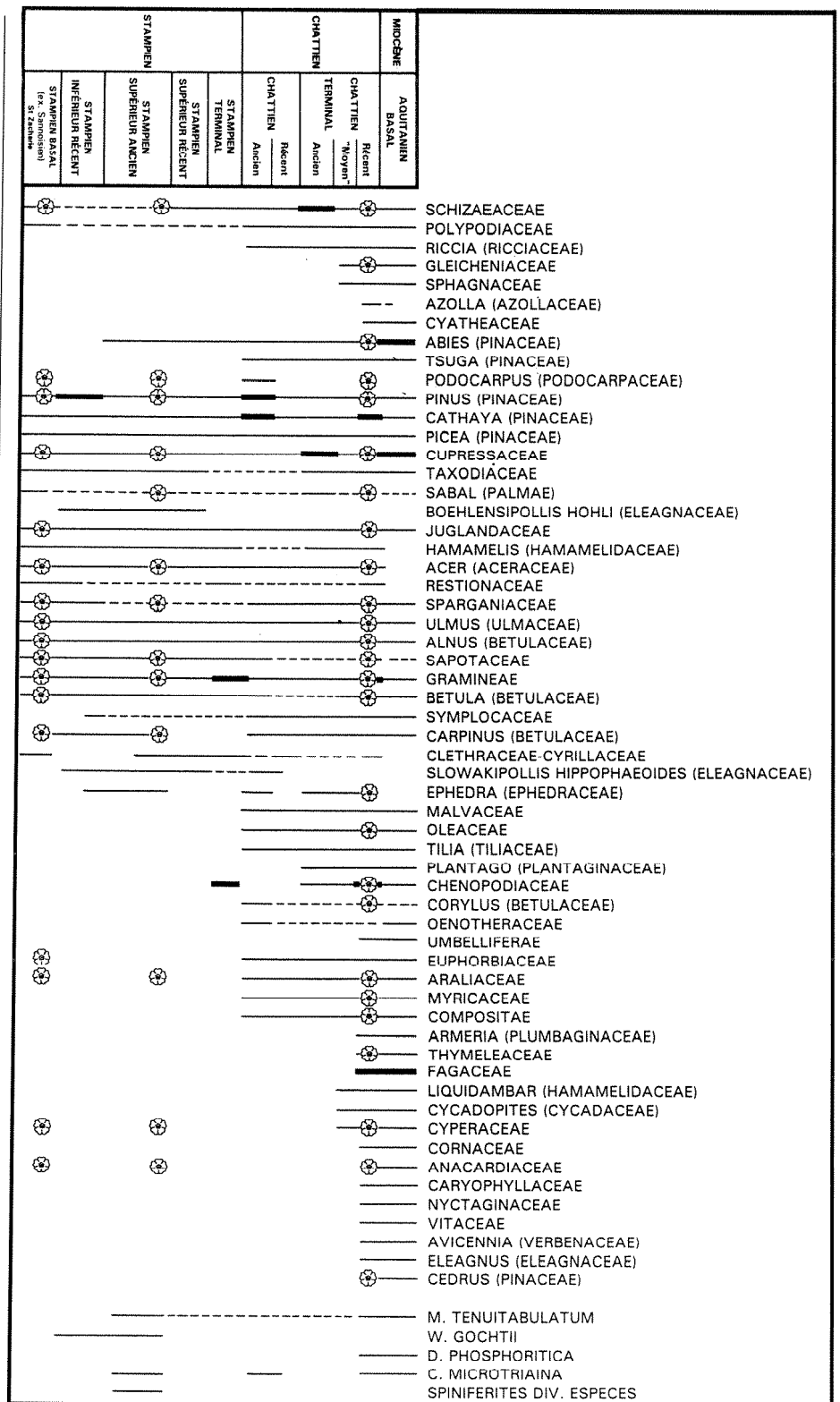
Les rares niveaux saumâtres ayant fourni des dinokystes sont localisés dans le Saint-Marcel "inférieur" (S1, 39 m, Emissaire II) et dans la Formation des Camoins. Ils ont livré quelques associations peu diversifiées ou monospécifiques à *Wetzeliella gochtii*, espèce caractéristique du Stampien en Europe (Châteauneuf, 1980). Il semble donc que le Calcaire de l'Estaque dont la base constitue la limite supérieure d'extension des deux marqueurs précités, et dont la microflore indique à ce niveau une oscillation climatique notable (voir ci-dessous), marque le sommet du Stampien et le passage au Chattien.

Au Chattien

Il n'existe pas de marqueur ou d'espèce-guide caractéristique de cette période. Les arguments stratigraphiques sont donc appuyés sur les zones de concomitance (extension de deux ou plusieurs taxons) ou sur les zones d'abondance des différents taxons reconnus. Ainsi, la base du Chattien est marquée du point de vue microfloristique, beaucoup plus par des modifications mineures du couvert végétal que par une "révolution" dans la répartition des taxons. L'apparition des reliefs favorise le développement des coniférales d'altitude qui envahissent les associations polliniques. Corrélativement, les espèces de plaines ou de contextes palustres diminuent en pourcentage.

Sur le plan stratigraphique, outre la disparition de *Boehlensipollis hohli* (les quelques exemplaires retrouvés dans les Argiles de Saint-Henri - Saint-André sont considérés comme remaniés⁽¹⁾) la

(1) En effet, on les trouve dans les argiles en exemplaires rares, alors que cette espèce est très abondante dans le Stampien. Par ailleurs, les sondages ayant livré ces quelques exemplaires sont situés à proximité des blocs stampiens restés en relief du fait de la tectonique distensive (Nury, 1988 ; Hippolyte *et al.*, 1991).



Tabl. 2. - Répartition stratigraphique de la microflore des bassins oligocènes de Provence méridionale. Légende : --- présence rare.

— abondant.
 ■ très abondant (pourcentage > 10 %).

⊗ genre ou famille cités dans les listes de macroflore des trois gisements de Saint-Zacharie, Les Camoins et gypses d'Aix-en-Provence.

Table 2. - Stratigraphic range chart of the microflore from the oligocene basins of the Southern Provence.

Caption: --- scarce.

— abundant.
 ■ dominant (percentage over 10 %)

⊗ genus or family listed from the published macroflora of the following three localities: Saint-Zacharie, Les Camoins and Aix-en-Provence gypsum.

CYCLES SÉDIMENTAIRES	MILIEU DÉPÔT C → M	ÉTAGES INTERNATIONAUX	SUBDIVISIONS ADOPTÉES EN PROVENCE MÉRIDIONALE	FAUNE ET FLORES				CLIMAT - +	
				Zone de mammifères	Mollusques Gastéropodes (6)	Charophytes (7)	Pollens et Dinokystes (9)		
		AQUITANIEN (?)	AQUITANIEN BASAL	Paulhiac (1)		Zone à <i>Rantziella nitida</i>	Flore de la f° biodétritrique de Sausset		
III	Lacune	CHATTIEN	récent	Coderet (2)	<i>Typanotonos margaritaceus</i> <i>Typanotonos labyrinthus</i> <i>Potamides lamarkii</i> <i>Granulolabium plicatum</i> <i>Wenzia ramondi</i>	Zone à <i>Chara notata</i>	Végétation palustre indiquant une humidité croissante et un réchauffement progressif		
terminal									
			ancien						
			CHATTIEN RÉCENT	(Rickenbach) (Boningen)	<i>Pomatias antiquus</i>	Zone à <i>Stephanochara ungeri</i>	Conifères froids		
II	Lacune	?	CHATTIEN ANCIEN	Mas de Pauffié (3)	<i>Wenzia ramondi minor</i>	Zone à <i>Chara microcera</i>	(<i>Abies, Picea, Tsuga</i>) derniers		
					STAMPIEN TERMINAL	(Antoingt)	<i>Potamides lamarkii</i> <i>Typanotonos labyrinthus</i>		Zone à graminées et chenopodiacées abondantes
			STAMPIEN SUPÉRIEUR RÉCENT	(Etampes) (Heimersheim) (La Ferté Alais)			Absence de microflore		
I	Lacune	RUPÉLIEN	STAMPIEN SUPÉRIEUR ANCIEN	Les Chapelins (4)	<i>Pseudoleptaxis corduensis</i>				
				STAMPIEN SUPÉRIEUR ANCIEN	Montalban	<i>Melanoides tourainei</i> <i>Potamides lamarkii</i> <i>Pseudoleptaxis corduensis</i> <i>Typanotonos labyrinthus</i>	Zone à <i>Rhabdochara major</i> (8)	Association à <i>B. hohli, Abies</i> et <i>W. gochtii</i>	
				STAMPIEN INFÉRIEUR RÉCENT	Villebramar	<i>Brotia lauræ</i> et association à striatelles appauvrie		Association à <i>R. hohli</i>	
			STAMPIEN BASAL (EX. SANNOISIEN)	Ronzon (5)	Association à striatelles	(Zone à <i>Stephanochara pinguis</i>)	Association à <i>Schizaeaceae</i> et <i>Juglandaceae</i>		
		PRIABONIEN	SUPÉRIEUR LUDIEN MOYEN	Montmartre	<i>Galba longiscata</i>	<i>Stephanochara vectensis</i>			

Références
 (1) Mein *et al.* (1971)
 (2) Aguilar *et al.* (1978) Huguency et Ringeade (1990); Aguilar. (in Nury, 1988)
 (3) Vianey-Liaud (1979)
 (4) Vianey-Liaud (in Nury., 1988)
 (5) Crochet *et al.* (1984)
 (6) Nury (1988)
 (7) Détermination M. Feist-Castel (1977); interprétation J. Riveline (1986)
 (8) Détermination J. Riveline (in Nury, 1988)
 (9) Châteauneuf (1977) et déterminations (in Nury, 1988)

Légende : * (zone x) = Zone non reconnue en Provence
 * Milieu de dépôt C = continental, M = marin
 * Climat température et humidité moindre (-)
 température et humidité élevée (+)

Caption * (zone x) = Unknown zone in Provence
 * Depositional environment : C = Continental, M = marine
 température and moisture relatively low (-)
 *Climate : température and moisture relatively high (+)

Tabl. 3. – Synthèse des éléments de biostratigraphie de l'Oligocène de Provence méridionale. Evolution du climat et des milieux de dépôt en rapport avec les cycles sédimentaires (Nury, 1988, modifié).

Table 3. – Synthesis of biostratigraphic data for the Oligocene of Southern Provence. Evolution of climate and depositional environment related to sedimentary cycles (Nury, 1988, modified).

base du Chattien est marquée par l'apparition des Oleaceae, Malvaceae et des premiers pollens de *Tsuga*. Comme en Limagne (zone IV, Gorin, 1975), il y a coexistence dans ces argiles, de *Tsuga* et de *Slowakipollis hippophaeoides*. Le même phénomène est signalé par C. Sittler (1984) dans le sud-est de la France à la limite des zones SP 7c et 8a. Le palmier *Sabal (Dicolpopollis kockeli)* qui est connu dans les autres bassins paléogènes ou néogènes, à la fois dans le

Stampien et dans l'Aquitaniens, semble limité au Chattien dans le bassin d'Aix.

La base du Chattien terminal (= zone de Coderet des mammalogistes), dans le secteur de Cantini-Air Bel, est peu remarquable sur le plan microfloristique, si ce n'est par l'abondance des Malvaceae. Par contre, la partie supérieure de la zone de Coderet (Formation d'Aix-en-Provence, Formation de Cap-Janet) correspond à des modifications importantes de la flore dans le bassin :

– développement des Schizaeaceae, Poaceae, Chenopodiaceae, Ericaceae, Compositae, Nyssaceae, Symplocaceae, Araliaceae, Amaranthaceae,

– apparition des Plumbaginaceae (*Armeria*), de *Cedrus*, des Thymelaceae, Nyctaginaceae, Fagaceae, Cornaceae, Anacardiaceae.

Cette flore est très peu différente de celle qui a été reconnue dans la Formation pararcifale du Cap de Nautes (Châ-

teuneuf, 1972). Au sommet de la Formation d'Aix-en-Provence, les Calcaires d'Eguilles enregistrent une oscillation climatique avec développement d'une certaine sécheresse, précédant une nouvelle arrivée des coniférales d'altitude, tout à fait comparable à celle du sommet du Stampien.

Les divers bassins oligocènes de Provence méridionale ont fait l'objet de nombreux travaux de stratigraphie visant à établir d'une part, des corrélations régionales entre les formations de ces bassins, d'autre part, des corrélations avec les autres bassins européens sur la base d'arguments biostratigraphiques. Les échelles utilisées concernent les mammifères, les gastéropodes, les charophytes, les pollens et les dinoflagellés.

Le tableau 3 présente le résultat de ces recherches avec la liste des travaux publiés pour ces quatre groupes.

Les associations sporo-polliniques et les formes de microplancton reconnues dans les formations oligocènes de Provence méridionale confirment ou précisent les corrélations établies sur d'autres bases (Nury, 1988 ; Nury et Cavalier, 1994).

Palynologie et environnements de dépôts

Introduction

La palynologie permet généralement, à partir des associations sporo-polliniques d'une part, planctologique d'autre part, d'apporter une contribution non négligeable à la connaissance des environnements continentaux et épiconcontinentaux (palustres, deltaïques, tidaux ou de plates-formes continentales). En effet, en combinant l'analyse des zones de végétation continentales représentées dans les associations sporo-polliniques, et celle des associations palyno-planctologiques représentatives du milieu aquatique de dépôt (salinité et bathymétrie), nous avons tenté de reconstituer dans les bassins de Provence méridionale à l'Oligocène, la nature et l'environnement immédiat des milieux de dépôt correspondant aux horizons fossilifères analysés.

Environnements continentaux

La connaissance des zones de végétation, circonscrites aux abords immédiats des aires sédimentaires ou peuplant les pentes plus éloignées des bassins versants, permet d'éclairer la paléogéomorphologie des zones continentales contiguës au milieu de dépôt. Les associations microfloristiques du Paléogène se répartissent en plusieurs étages de végétation (Bessedik, 1981 ; Châteauneuf, 1980), comparables à ceux, actuels, qui ont été définis en Asie du Sud-Est (Wang, 1961) : un étage montagnard à coniférales, un étage de la forêt caduque peuplant les zones d'altitude moyenne ou les plateaux, un étage de la forêt ombrophile sempervirente de basse altitude, des prairies littorales à graminées, enfin, des zones littorales deltaïques palustres ou inondées, peuplées d'espèces végétales hygrophiles (fig. 2).

La répartition de ces peuplements au cours de l'Oligocène dans la région d'Aix-Marseille indique :

a - Au Stampien, un étage montagnard développé avec cependant des altitudes moins élevées qu'au Chattien, une végétation arborée de basse altitude bien développée et des zones palustres étendues.

b - Au Chattien, deux époques se distinguent nettement.

b 1 - Au cours du dépôt des Argiles de Saint-Henri - Saint-André (Chattien ancien), l'étage montagnard et la végétation palustre semblent être en contact, laissant peu de surface à une végétation de basse plaine, collines ou plateaux.

b 2 - Au Chattien terminal (zone de Coderet) par contre, une végétation mésophile et herbacée s'installe entre les deux milieux précédents. Autour de la lagune à gypse, se développe une savane herbacée avec des îlots de végétation méditerranéenne, relayée sur les premières pentes par une forêt à taxons méso-microthermes à feuilles caduques, puis par un étage montagnard à coniférales, moins important mais plus diversifié que précédemment.

La répartition de ces étages de végétation et la morphologie correspondante des aires de dépôts semblent directement en rapport avec l'individualisation de gradins d'altitude variable, consécutive à la tectonique distensive qui a joué durant toute l'Oligocène (Nury, 1988 ; Hippolyte et al. 1991). Après la longue période de biostasie qui a succédé à la phase tangentielle provençale, la Provence méridionale était quasiment nivelée. La distension du Stampien inférieur commence à créer les reliefs en même temps que les premiers fossés (ci-dessus a). La structuration du Stampien terminal, courte mais intense, leur donne une importance nouvelle et prépare les reliefs du Chattien (ci-dessus b-1).

Au Chattien terminal, on se trouve au paroxysme de la distension puisque les fossés ont atteint leur extension maximale (Nury, 1988), laissant la place à la formation de larges lagunes et à des étendues de savanes à graminées telles que décrites ci-dessus (b-2).

Les associations polliniques reconnues dans l'Oligocène de la bordure méridionale du bassin de Marseille comportent, à côté des flores en place, un pourcentage parfois non négligeable de pollens remaniés, principalement d'âge triasique à néocène, qui confirme depuis le Stampien jusqu'à la base de l'Oligocène terminal, la direction des apports détritiques du sud vers le nord, en provenance d'une zone continentale méridionale incluant le bloc corso-sarde encore accolé à la Provence (Nury, 1988). Ces remaniements s'interrompent au cours du Chattien terminal quand le sens général des apports détritiques s'inverse et que le flux détritique provient alors du nord (Nury, 1988).

Influences marines dans les bassins

La grande majorité des échantillons analysés du point de vue palynologique provient de dépôts d'eau douce, fluviale ou lacustre, ou de dépôts palustres, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par ailleurs à partir de l'étude des mollusques et des charophytes.

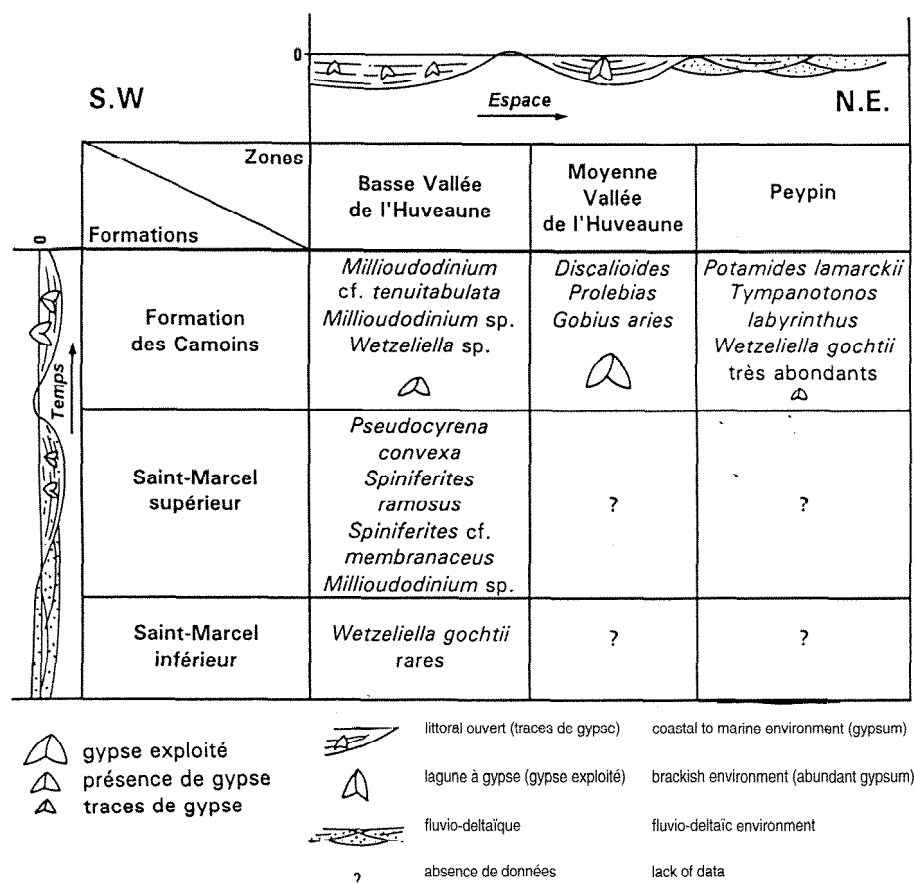
Des influences marines sont cependant perceptibles tout au long du dépôt des sédiments oligocènes dans les bassins. Elles se caractérisent par la présence de dinoflagellés d'origine marine, en particulier dans les formations de Saint-Marcel, des Camoins, des Poudingues de Marseille (faciès marneux d'Air Bel-Cantini), et d'Aix-en-Provence.

Les associations peu diversifiées, voire monospécifiques pour certains horizons, attestent le plus souvent d'un dépôt en milieu hypo- ou mésohalin, et de communications épisodiques et courtes avec un milieu marin situé au sud du bassin (Nury, 1988). Les incursions marines sont vraisemblablement contemporaines des épisodes de distension. Ainsi, le long de la vallée de l'Huveaune, l'analyse des faunes de mollusques et des indices minéralogiques de confinement (gypse) associés à la microflore, permet de mettre en évidence un gradient de salinité SW-NE (tableau 4) migrant avec l'ouverture des fossés. Ces indices de salinité sont confirmés par la présence de coelentérés chondrophorides pélagiques et planctoniques du genre *Discalioides* nov. gen. (proches du genre *Discalia*) qui sont incontestablement marins (Nel et al., 1987) et indiquent une relation effective de l'aire sédimentaire avec le milieu marin.

Microflore et climats

Les associations de végétation utilisées pour la stratigraphie ont permis également de dégager les caractéristiques climatiques au cours de l'Oligocène dans cette partie de la Provence (fig. 2).

– Durant le Stampien, les conditions chaudes et humides qui caractérisent la base de cet étage, deviennent progressivement plus fraîches et surtout plus sèches au Stampien supérieur. Ainsi, la végétation thermophile très développée (Sapotaceae, Hamamelidaceae, Schizaceae, Cyrillaceae-Clethraceae, Euphorbiaceae) diminue au profit de taxons d'environnements plus frais (*Betula*, *Alnus*, *Acer*) et plus secs (Graminae, Plantaginaceae, Araliaceae). L'«aridification» du climat se poursuivant et les influences marines devenant plus importantes, vers le sommet du Stampien, la



Tabl. 4. – Faune et flore attestant la présence d'influences marines dans le bassin de l'Huveaune (Nury, 1988, modifié).

Table 4. – Fauna and flora evidences of marine incursions in the Huveaune basin (Nury, 1988, modified).

végétation arbustive et hygrophile semble limitée aux bordures des surfaces d'eau, de même que la végétation herbacée halophile. Ailleurs, la flore est rare. Le Stampien terminal est marqué par une période particulièrement sèche au cours de laquelle une végétation essentiellement composée de graminées est seule représentée.

– Au cours du Chattien, dans les bassins de Marseille et d'Aix-en-Provence, l'analyse de l'évolution des groupements correspondant aux étages de végétation permet d'aborder l'aspect climatique, si l'on admet une certaine similitude entre les flores du Chattien et leurs homologues actuels. En effet, la plus grande partie des taxons déterminés appartient aujourd'hui à la flore de l'Asie du Sud-Est. Si l'on tient compte dans ces régions montagneuses des étages de végétation et du régime des moussons d'été, on peut tenter des reconstitutions partielles.

A la base du Chattien (Argiles de Saint-Henri - Saint-André), la flore

comporte essentiellement deux groupes d'éléments : des conifères et des éléments palustres. Les flores thermophiles, méditerranéennes et de savane n'existent pas. A la base du Chattien terminal (Poudingues de Marseille), la forêt mésotherme se développe en même temps que la végétation thermophile et xérophile. C'est au cours du dépôt de la Formation d'Aix-en-Provence, au Chattien terminal récent, que la forêt mixte méso- et mégatherme d'une part, les savanes littorales d'autre part, prennent de l'extension aux dépens de l'étage à conifères. Enfin, vers l'extrême fin de l'Oligocène (Calcaire d'Eguilles), la composition de la flore redevient similaire à celle de la base de la Formation d'Aix-en-Provence.

L'interprétation de cette évolution dans la composition de la flore peut être faite suivant deux critères : géomorphologique et paléogéographique d'un côté, paléoclimatique (précipitations, évaporation) de l'autre. Au cours du dépôt des Argiles de Saint-Henri - Saint-André, on

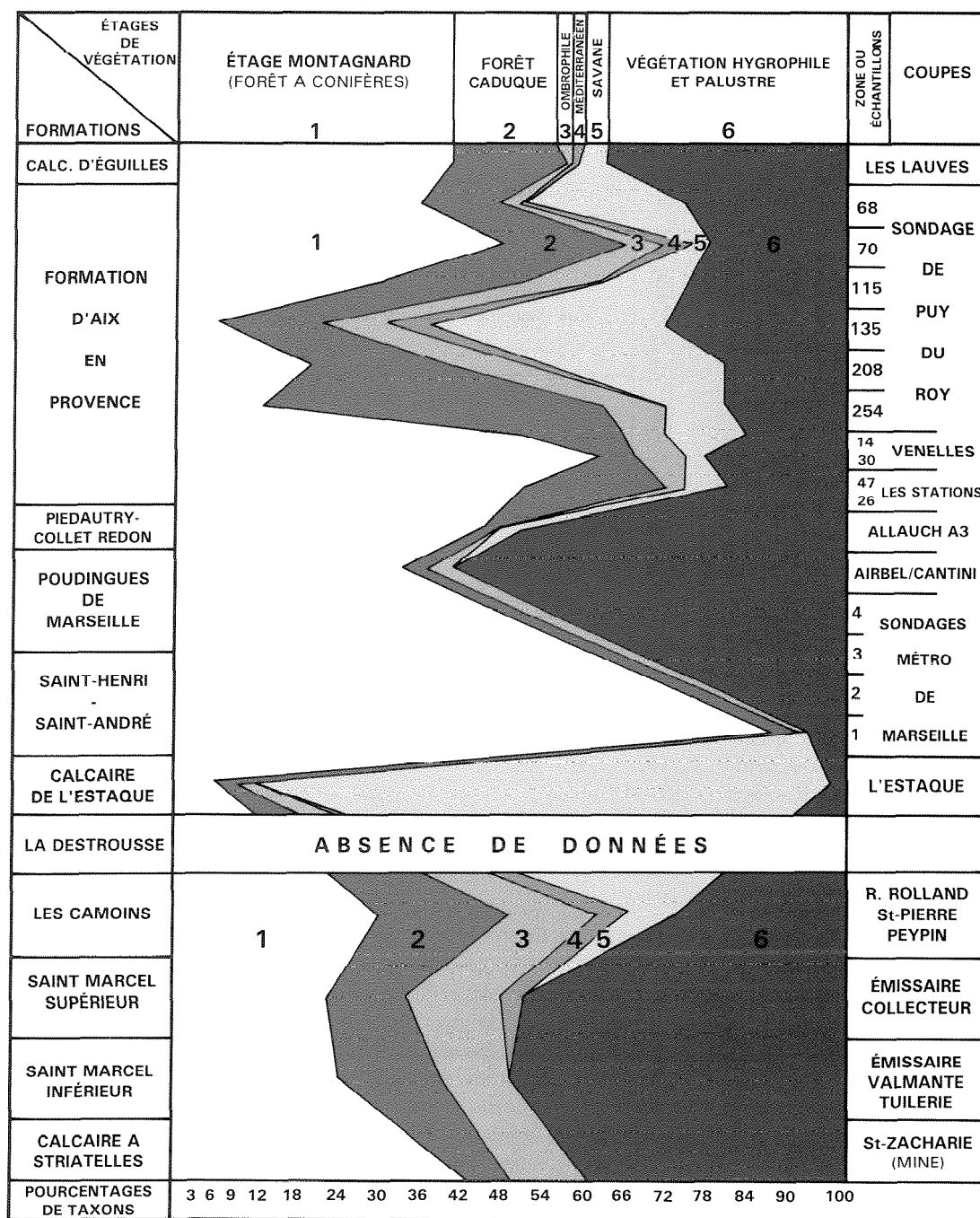


Fig. 2. - Répartition des zones de végétation au cours de l'Oligocène dans les bassins de Marseille et d'Aix-en-Provence.

Zone 1 - Etage montagnard à conifères (*Pinus*, *p.p. Cathya*, *Picea*, *Abies*, *Callitris*, *Juniperus*, *Podocarpus*, *Tsuga*, *Cedrus*).

Zone 2 - Forêt caduque à *Acer*, *Ulmus*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Quercus*, *Juglandaceae*, *Liquidambar*, *Hamamelis*, *Fagus*, *Salix*, *Tilia*, *Cornus*, *Castanea*, *Umbelliferae*, *Caryophyllaceae*.

Zone 3 - Forêt ombrophile sempervirente à *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Thecaceae*, *Ilex*, *Hedera*, *Magnolia*, *Hamamelis*, *Ficus*, *Cornus*, *Cinnamomum*, *Clc-thraceae*, *Cyrillaceae*, *Olea*, *Sapotaceae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Proteaceae*, *Icinaceae*, *Meliaceae*, *Ebenaceae*, *Palmae*, *Eleagnaceae*, *Symplocaceae*, *Anacardiaceae*, *Vitaceae*.

Zone 4 - Végétation méditerranéenne à *Acacia*, *Grewia*, *Euphorbia*, *Ephedra*, *Convolvulaceae*, *Artemisia*.

Zone 5 - Prairie littorale et savane à *Poaceae*, *Compositae*, *Restionaceae* p.p., *Chenopodiaceae*, *Ericaceae*, *Amaranthaceae*, *Cyperaceae*, *Armeria*, *Plantaginaceae*, *Thymeleaceae*.

Zone 6 - Végétation hygrophile et palustre à *Cupressaceae-Taxodiaceae*, *Nyssaceae*, *Symplocaceae*, *Malvaceae*, spores, *Sparganiaceae*, *Oenotheraceae*, *Avicennia*, algues.

Fig. 2. - Evolution of vegetation communities during the Oligocene in the Marseille and Aix-en-Provence basins (for the genus or families belonging to each Community see above).

Zone 1 - Mountainous coniferous zone . Zone 2. - Mixed mesophytic and deciduous forest. Zone 3. - Evergreen forest and rain forest. Zone 4. - Semiarid and mediterranean vegetation. Zone 5. - Coastal meadows and savanna. Zone 6. - Hydrophilous and swamp vegetation.

peut en effet supposer que les reliefs alentour sont accusés et les zones basses peu étendues. Le climat plus sec et peut-être plus frais permet l'extension de la zone à conifères à des altitudes plus basses que celles, actuelles, constatées en Asie du Sud-Est (200 à 300 m).

A partir du dépôt des Poudingues de Marseille, les zones basses gagnent en surface. La mousson d'été devient active permettant aux forêts des premières pentes de s'étendre et de prospérer, tandis que dans les zones basses, un climat de type méditerranéen à subtropical (évaporation importante) permet le développement des taxons xérophytes.

Ainsi, la flore du Chattien de Provence occidentale présente globalement 80 % d'espèces d'Asie du Sud-Est, le reste étant composé principalement d'espèces de type méditerranéen sec ou canarien et accessoirement de formes indo-africaines et américaines.

Ces données issues de la flore sont corroborées par les informations fournies par l'étude de la faune. On trouve en particulier (Nury, 1988) dans les mêmes dépôts :

- des Potamidinées (*Tympanotonos*, *Granulolabium*) vivant dans les zones tropicales et méditerranéennes chaudes, des Melaniidées (*Melanoides* et *Melanopsis*) qui sont surtout répandus dans le Nord de l'Afrique, la Mésopotamie et l'Asie tropicale ;

- des *Discolioïdes* (coelentérés chondrophorides) qui se développent actuellement dans les mers tempérées chaudes et tropicales ;

- des crustacés péneïdes vivant actuellement dans de nombreuses eaux lagunaires et estuariennes tropicales ;

- une entomofaune indiquant un climat tropical à tendance "fraîche" et sèche (Indo-Malaisie, Japon, Chine du Sud, Floride).

En conclusion, il semble que durant tout l'Oligocène, la Basse-Provence ait connu un régime tropical à tendance fraîche, à saisons très contrastées, à régime de mousson d'été, à forte nébulosité l'hiver pendant la saison sèche. Les

moyennes des températures annuelles devaient se situer entre 18 et 22°. Les températures hivernales pouvaient descendre en-dessous de 10° pendant un mois ou deux. Ceci est confirmé par l'absence de mangrove typique : cette végétation disparaît si la température de janvier tombe au-dessous de 10° (Chapman, 1977). Les températures estivales pouvaient de leur côté monter à 26-28°.

La forte aridité de la saison sèche qui détermine la tendance générale du climat, se marque surtout dans les basses plaines, l'humidité augmentant avec l'altitude (nébulosité attachée aux reliefs). A l'inverse, il est vraisemblable que les températures moyennes annuelles aient peu évolué, sinon dans le sens d'un rafraîchissement léger, au cours de l'Oligocène (tableau 3).

Conclusions

L'établissement d'une échelle palynostratigraphique dans l'Oligocène des bassins de Provence méridionale n'a pas été une chose aisée puisque, sur plus de 500 échantillons analysés sur une cinquantaine de coupes (sélectionnées) au cours d'une quinzaine d'années, un peu moins d'une centaine ont fourni matière à diagnose et comptage de la microflore.

Cette difficulté est la conséquence de plusieurs facteurs : oxydation généralement très importante des dépôts oligocènes dans ces bassins, absence de coupes continues dans la série (due aux conditions d'affleurement et au développement urbain de cette région), mais aussi, fragmentation tectonique des fossés de sédimentation, cause de nombreuses discontinuités et lacunes.

Les échantillons étudiés ont été choisis en fonction de leur richesse en microflore et de leur représentativité par rapport à la stratigraphie locale, de façon à reconstituer une succession synthétique la plus complète possible.

Du point de vue stratigraphique, trois associations principales se différencient nettement.

La première à *Boehlensipollis hohli* est tout à fait identique à celles qui sont connues dans le Stampien de Limagne, du bassin de Paris ou d'Alsace. Elle

couvre dans le bassin de Marseille la plus grande partie des formations attribuées au Stampien, à l'exception du Stampien basal (zone à Striatelles abondantes et diversifiées) et du Stampien terminal (équivalent des zones d'Antoingt).

La deuxième, à majorité de coniférales (dont *Abies*, *Picea* et *Tsuga*), couvre le Chattien, antérieurement à la zone de Coderet, de façon tout à fait comparable aux associations de la même époque en Limagne, dans le fossé rhénan, en Belgique et en Allemagne.

Enfin, la dernière, qui contient un pourcentage non négligeable de coniférales, voit réapparaître de la base de l'Aquitaniens. Elle correspond à la zone à *Wenzia ramondi*, corrélée avec la zone de Coderet. Elle est représentée dans le bassin de Marseille, la Nerthe et le bassin d'Aix.

Parallèlement à la mise en évidence de marqueurs de la stratigraphie, tels que ceux discutés ci-dessus, l'analyse phytosociologique des flores et des microflores montre des alternances de flores à caractères plus secs et plus frais avec des flores de type plus humide et plus chaud qui sont parallélisables avec les grands cycles de la sédimentation oligocène.

Au stade actuel de nos connaissances, la "Grande coupure" entre Eocène et Oligocène (Cavelier, 1979) n'est pas connue en Provence et l'échantillonnage effectué dans le secteur de Saint-Zacharie n'a pas permis d'apporter de nouveaux résultats sur cette limite.

Du point de vue sédimentologique, les trois grands cycles sédimentaires qui soulignent le remplissage des bassins de Marseille et d'Aix sont marqués par des oscillations climatiques caractéristiques.

Ainsi, à la base du cycle II, le Calcaire de l'Estaque est marqué par une période de sécheresse (présence exclusive de graminées) notée aussi dans la diminution des apports siliceux détritiques.

La base du cycle III correspond pour sa part à l'apparition des éléments pré-curseur de la flore néogène (Malvaceae-Fagaceae, *Cedrus*, *Armeria*).

En ce qui concerne les milieux de dépôt, les influences marines dans les bassins de Marseille et d'Aix sont discontinues et pratiquement toujours liées à la présence de gypse ou de carbonates dans les dépôts, mais les dinoflagellés qui caractérisent ces niveaux se trouvent toujours aux épontes de couches de gypse, marquant ainsi la présence d'eau salée, précédant ou submergeant le dépôt du gypse.

La diversité des associations de dinokystes diminue avec la dessalure et le confinement jusqu'à un peuplement monospécifique (Châteauneuf et Thrauth, 1972 ; Châteauneuf, 1983).

L'analyse édaphique et phytosociologique des associations sporo-polliniques

rencontrées permet par ailleurs de définir pour ces bassins des étages de végétation dont l'histoire au cours de l'Oligocène renseigne sur la morphologie des reliefs et sur son évolution, elle-même inféodée à l'évolution tectonique en distension de cette région à cette époque.

Enfin, la flore et la microflore permettent de mieux cerner les climats qui ont régné en Provence méridionale au cours de l'Oligocène. Les conditions chaudes et humides du Stampien inférieur font place au cours du Stampien supérieur et terminal à des influences plus fraîches et plus arides. Au cours du Chattien ancien, le climat plus sec et plus froid voit le développement de conifères d'altitude vers les zones plus

basses. Au Chattien terminal ancien, la forêt mésophile recouvre les zones de basse altitude, tandis qu'un climat méditerranéen favorise la végétation de bordure des surfaces d'eau. Enfin, au sommet de l'Oligocène, une oscillation plus sèche du climat (dans le bassin d'Aix) précède les flores thermophiles caractéristiques de l'Aquitainien.

Remerciements

Nous adressons nos plus vifs remerciements à Monsieur Claude Cavelier, à Madame Marie-Françoise Ollivier-Pierre et à un rapporteur anonyme pour la relecture attentive du manuscrit et pour les remarques constructives qu'ils ont faites.

Références

- AGUILAR J.-P., MICHAUX J., NURY D., SUDRE J., TOURAINE F., VIANEY-LIAUD M. (1978). – Découverte d'un gisement très riche (Mammifères et Mollusques principalement) à Venelles (Bouches-du-Rhône), premier niveau repère important dans la série du "Gypse d'Aix". *C.R. Acad. Sci. Fr.*, (D), **287**, pp. 439-442.
- BESSEDIK M. (1981). – Reconstitution des environnements miocènes des régions Nord-Ouest méditerranéennes à partir de la palynologie. Thèse de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 162 p.
- CAVELIER C. (1979). – La limite Eocène Oligocène en Europe occidentale. *Mém. Sci. Géol.*, Strasbourg, **54**, 280 p.
- CHAPMAN V.-J. (1977). – Wet coastal ecosystems. *Ecosystems of the world 1*. Elsevier, Amsterdam, 428 p.
- CHATEAUNEUF J.-J. (1972). – Etude palynologique. Contribution à l'étude de l'Aquitainien. La coupe de Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône). V^e congrès du Néogène méditerranéen. Vol. III., *Bull. BRGM, Fr.*, (2), section I, n° 4, pp. 59-65.
- CHATEAUNEUF J.-J. (1977). – Etude palynologique de l'Oligocène du Bassin de Marseille. *Géol. Méditerranéenne*, **V**, n° 1, pp. 37-46.
- CHATEAUNEUF J.-J. (1980). – Palynostratigraphie et Paléoclimatologie de l'Eocène supérieur et l'Oligocène du Bassin de Paris (France). *Mém. BRGM, Fr.*, Orléans, n° 116, 357 p.
- CHATEAUNEUF J.-J. (1983). – Dinokystes et milieux confinés du Paléogène du Bassin de Paris. *Bull. Sci. Géol.*, Strasbourg, **36**, 4, pp. 223-230.
- CHATEAUNEUF J.-J., TRAUTH N. (1972). – Palynologie, composants minéralogiques majeurs et phase argileuse des marnes bleues d'Argenteuil. Contribution à la reconstitution du milieu de dépôt. *Mém. BRGM, Fr.*, Orléans, n° 77, pp. 329-336.
- CROCHET J.-Y., HARTENBERGER J.-L., HUGUENEY M., GODINOT M., LEGENDRE S., REMY J.-A., SIGE B., VIANEY-LIAUD M. (1984). – Echelles stratigraphiques. Mammifères. Paléogène in Debrand-Passards *et al.* - Synthèse géologique du Sud-Est de la France. *Mém. BRGM, Fr.*, Orléans, n° 125, pp. 392-396.
- FEIST-CASTEL M. (1977). – Etude floristique et biostratigraphique des Charophytes dans les séries du Paléogène de Provence. *Géol. méditerranéenne*, **IV**, 2, pp. 109-138.
- GORIN G. (1975). – Etude palynostratigraphique des sédiments paléogènes de la Grande Limagne. *Bull. BRGM, Fr.*, Orléans, (2), section I, n° 3, pp. 147-181.
- HIPPOLYTE J.-C., NURY D., ANGELIER J., BERGERAT F. (1991). – Relations entre tectonique extensive et sédimentation continentale : exemple des bassins oligocènes de Marseille et de basse Provence. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **162**, n° 6, pp. 1083-1094.
- HUGUENEY M., RINGEADE M. (1990). – Synthesis on the "Aquitainian" lagomorph and rodent faunas of the Aquitaine basin (France). *European Neogene Mammal Chronology*, E.H. Lindsay *et al.* Edit, Plenum Press, New York, pp. 139-156.
- MEIN P., TRUC G., DEMARCO G. (1971). – Micromammifères et Gastéropodes continentaux des biozones de Paulhiac et de la Romieu dans le Miocène de la Bastidonne et de Mirabeau (Vaucluse, Sud-Est de la France). *C.R. Acad. Sci., Fr.*, (D), **273**, pp. 566-568.
- NEL A., GILL G.-A., NURY D. (1987). – Découvertes d'empreintes attribuables à des coelentérés siphonophores dans l'Oligocène de Provence. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, **35**, 2, pp. 635-641.
- NURY D. (1988). – L'Oligocène de Provence méridionale - Stratigraphie, dynamique sédimentaire, reconstitutions paléogéographiques. Thèse Doct. Sci., Univ. de Provence, Marseille, 1987. *Documents du BRGM*, Orléans, n° 163, 395 p.

- NURY D. (1994). – Relations géométriques entre carbonates et évaporites. Exemple de l'Oligocène terminal de la région Marseillaise - Récifs et plates-formes carbonatées miocènes de Méditerranée. Interim colloquium, Marseille, 3-6 mai 1994, résumé p. 43-44 et note sous presse à *Géologie méditerranéenne*, **21**, n° 1-2.
- NURY D., CAVELIER C. (1994). – Révision stratigraphique de l'Oligocène de Provence méridionale. Résumé, *Strata*, Premier Congrès français de Stratigraphie, Toulouse, 1, n° 6, p. 149, et note soumise à *Géologie de la France*.
- OLLIVIER-PIERRE M. F., MAUPIN C., ESTEOULE-CHOUX J., SITTLER C. (1993). – Transgression et paléoenvironnements à l'Oligocène en Bretagne (France). Sédimentologie, micropaléontologie et palynofaciès du Rupélien du bassin de Rennes. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, Elsevier Sc. Publ. Amsterdam, **103**, pp. 223-250.
- RIVELINE J. (1986). – Les Charophytes du Paléogène et du Miocène inférieur d'Europe occidentale - Biostratigraphie des formations continentales. *Cahiers de Paléontologie*. CNRS, Paris, 227 p., 38 pl.
- SAPORTA G. DE (1863-1866). – Etudes sur la végétation du Sud-Est de la France à l'Epoque Tertiaire - Première partie (1863) et Deuxième partie (1866). Masson et fils, Paris, 244 p.
- SAPORTA G. DE (1872). – Etudes sur la végétation du Sud-Est de la France à l'Epoque Tertiaire – Supplément I – Révision de la flore des gypses d'Aix – 3 fascicules – Extrait des *Ann. Sci. Nat.*, (5), Botanique, **15**, pp. 1-244.
- SAPORTA G. DE (1889). – Notions stratigraphiques et paléontologiques appliquées à l'étude du gisement des plantes fossiles d'Aix-en-Provence. *Ann. Sci. Géol.*, **20**, 3, pp. 1-60.
- SCHULER M. (1990). – Environnements et paleoclimats paléogènes. Palynologie et biostratigraphie de l'Eocène et de l'Oligocène inférieur dans les fossés rhénan, rhodanien et de Hesse - Thèse Doct. Sci., Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1988. *Documents du BRGM*, n° **190**, 503 p.
- SITTLER C. (1984). – Essai de zonation palynologique des dépôts paléogènes des bassins tributaires de la vallée du Rhône et du Midi méditerranéen. *Géologie de la France*, n° 1-2, pp. 85-90.
- VIANEY-LIAUD M. (1979). – Evolution des Rongeurs à l'Oligocène en Europe occidentale. *Paleontographica*, Stuttgart, abt. A, **166**, Lgf. 4-6, pp. 136-236.
- WANG C. W. (1961). – The forest of China with a survey of grassland and desert vegetation. Maria Moors Foundation, Harvard, Univ., n° 5, 313 p.

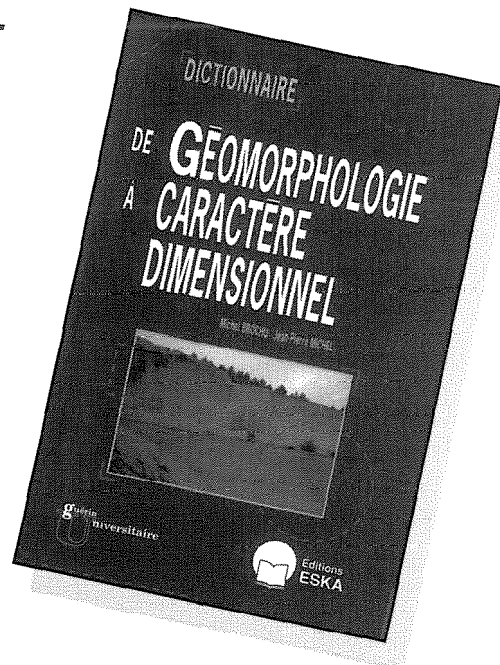
VIENT DE PARAÎTRE
AUX ÉDITIONS ESKA

DICTIONNAIRE
DE GÉOMORPHOLOGIE
À CARACTÈRE DIMENSIONNEL

Michel BROCHU, Jean-Pierre MICHEL

ISBN 2-86911-277-7 - 15 x 23 cm - 298 pages

Prix : 212 FF



Ce dictionnaire de géomorphologie est un ouvrage ayant une spécificité qui fait sans doute son originalité par rapport aux autres : il définit les vocables géomorphologiques en fonction de leurs caractéristiques dimensionnelles.

Les auteurs ont d'abord établi le constat de base que, dans les grands dictionnaires, comme dans les lexiques thématiques, des termes aussi simples que pointe et cap, ou que fleuve, rivière, ru, ruisseau ou ruisseau ne sont pas systématiquement définis dimensionnellement, c'est-à-dire selon leurs caractéristiques. Ils ont donc pensé qu'il serait utile de proposer aux spécialistes, un ensemble de définitions à caractères dimensionnels touchant tous les genres d'accidents géographiques qui ont pu être recensés dans les plus importantes régions francophones.

Ce dictionnaire, complémentaire d'autres ouvrages, est destiné non seulement aux divers spécialistes, mais aussi aux étudiants des sciences de la terre et de géographes, soucieux de précisions et d'exactitude dimensionnelles dans les termes de leur discipline, aussi qu'au public cultivé ou amateurs éclairés de recherches scientifiques.

AUTEURS

Michel BROCHU est à la fois enseignant et chercheur. Il a dispensé ses enseignements universitaires à Paris (Ecole Pratique des Hautes Études) et a publié dans de nombreuses revues internationales.

Jean-Pierre MICHEL est maître de conférences à l'Université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI)-Jussieu. Il est l'auteur d'une thèse sur le "Quaternaire de la région parisienne" et de plus de soixante publications géologiques et géomorphiques.



BON DE COMMANDE à retourner aux
Éditions ESKA - 27, rue Dunois, 75013 PARIS
Tél. : (1) 44 06 80 40 - Fax : (1) 44 24 06 94



Je désire recevoir exemplaires du « **Dictionnaire de Géomorphologie à caractère dimensionnel** »
de Michel BROCHU et Jean-Pierre MICHEL
au prix de 212 FF (+ 23 FF de port), soit 235 FF x = FF.

NOM Prénom

Adresse

Code Postal Ville

Je joins mon règlement par :

Chèque bancaire à l'ordre des Editions Eska

Virement postal aux Editions Eska - CCP Paris 1667-494-Z