

## Succession climatique et limite stratigraphique Crétacé-Tertiaire dans le N.E. de l'Espagne.

J. MÉDUS <sup>(1)</sup> et F. COLOMBO <sup>(2)</sup>

(1) Faculté des Sciences. Saint Jérôme, U.R.A. CNRS 1152, Palynologie, C451, F-13397 Marseille cédex 13. France.  
(2) Fac. Geologia, Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. Universitat de Barcelona, Pedralbes,  
E-08071 Barcelona.

### RESUMEN

En este trabajo se explicitan los resultados de los análisis esporopólinicos realizados en múltiples niveles del Cretácico terminal-Terciario basal en el sector N.E. de la Península Ibérica.

Los datos de los que actualmente se dispone permiten deducir variaciones climáticas significativas entre el Maastrichtiense y el Ilerdiense inferior-medio en el sector pirenaico catalano-aragonés. Es muy evidente que esos cambios climáticos no guardan una relación exacta con el límite actualmente aceptado entre el Cretácico y el Terciario.

Finalmente hay que considerar que a falta de datos cronoestratigráficos claramente fiables (vertebrados, micromamíferos,...), los datos suministrados por la paleoflora solo permiten aproximaciones, sobre todo si, como sucede en la zona estudiada, los datos corresponden a una sucesión vertical no completamente continua.

*Palabras clave:* Palinología. Límite Cretácico/Terciario. Continental. Pirineos.

### ABSTRACT

The conclusions of spore and pollen assemblages studies yielded by the uppermost Cretaceous sections studied in the NE sector of Iberian Peninsula, are presented.

Some climatic variations during the Maastrichtian-Ilerdian time span which can be occurred and are suggested by the data of the studied outcrops in the eastern and central pyrenean sectors. These variations are more or less independent of the chronostratigraphic boundary between the Cretaceous and the Lower Tertiary.

Finally we consider that the present knowledge of paleofloristic

data permits only a good qualitative approximation to the Mesozoic / Tertiary boundary in non-marine levels.

*Key words:* Palynology. Non-marine. Upper Cretaceous/Lower Tertiary boundary. Pyrenees.

### INTRODUCTION

La présente note est la synthèse de travaux de palynologie complétées de données plus récemment récoltées. L'analyse sporopollinique de multiples niveaux du Crétacé terminal et du Tertiaire inférieur

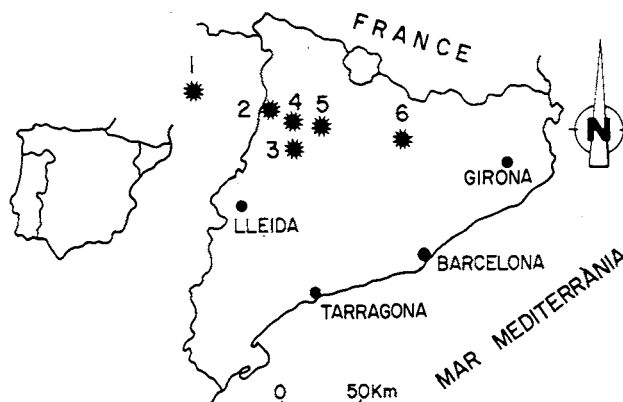


Figure 1.- Situation des coupes étudiées: 1) Campo; 2) Esplugafreda; 3) Fontllonga; 4) Tremp; 5) La Posa; 6) Figols-Vallcebre.

Figura 1.- Situación de los cortes estudiados: 1) Campo; 2) Esplugafreda; 3) Fontllonga; 4) Tremp; 5) La Posa; 6) Figols-Vallcebre.

principalement du N.E. de l'Espagne, permet de présenter une succession des événements climatiques de cette région. Cette succession est proposée comme un élément supplémentaire dans l'étude de la limite Crétacé/Tertiaire tel que le problème en avait été posé il y a plusieurs années (Christensen et Birkelund, 1979).

Parmi les nombreuses coupes étudiées (Fig. 1), ce sont les ensembles palynofloristiques fournis par celles de Campo, Esplugafreda, Figols-Vallcebre, Fontllonga, La Posa et Tremp, qui seront considérés.

Ces coupes concernent principalement les niveaux «garumniens» (Formation Tremp *pro parte*). De nombreux niveaux ont été traités, mais les palynoflores sont relativement rares en raison du caractère oxydé

des sédiments (pédologiques ou lacustres). Leur position stratigraphique s'échelonne depuis le Maastrichtien jusqu'à l'Ilerdien inférieur-moyen (Fig. 2).

Les ensembles palynologiques de l'Ilerdien sont disposés dans la figure 2 en fonction de la position biostratigraphique attribuée aux prélèvements vis à vis des zones à Alvéolines (cf. Plaziat, 1984, I, 324 et sq). Les ensembles correspondants à des niveaux favorables dans les faciès versicolores du «Garumnie» (principalement Formation Tremp) sont d'abord disposés les uns par rapport aux autres en fonction de leurs degrés de similarités palynofloristiques vis à vis de la succession stratigraphique des palynoflores de Fontllonga (5/6, 8, 9, 10). Par la suite, une corrélation a été effectuée entre la série ainsi obtenue et des

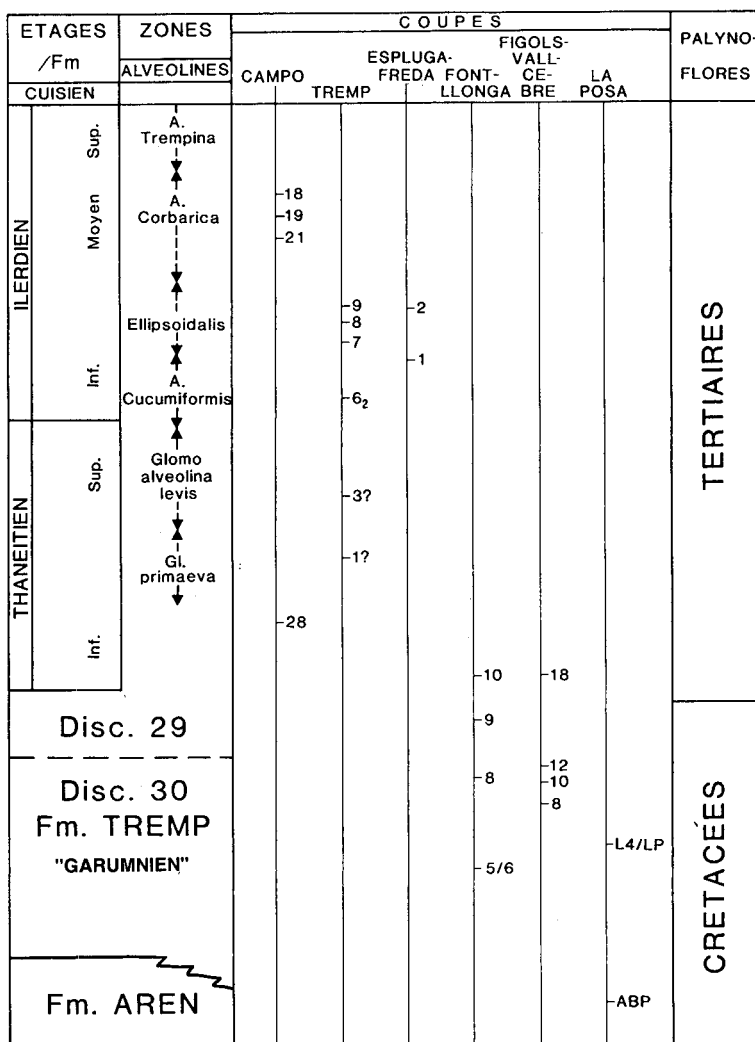


Figure 2.- Distribution verticale des coupes étudiées.

Figura 2.- Distribución vertical de las columnas estudiadas. Se resaltan las relaciones entre las unidades lito y cronoestratigráficas. Hay que hacer notar que la posición de las zonas paleomagnéticas 29 y 30 se aproxima, pero no coincide con el límite palinológico Cretácico/Terciario. Esto se debe a que el conjunto polínico del nivel 9 (Fontllonga), por comparación con las palinofloras danienses de Europa septentrional, es claramente cretácico.

palynoflores de niveaux de Hollande et Danemark datés du Maastrichtien et du Danien par les faunes associées (Médus *et al.*, 1988).

Il faut enfin préciser que la limite Crétacé/Tertiaire est placée sur la base des résultats de l'étude magnétostratigraphique (B. Galbrun 1990, comm. pers.) de la coupe de Fontllonga.

La nécessité de relier entre eux des assemblages palynologiques dispersés dans des formations continentales a été une difficulté sérieuse pour la mise au point d'une succession palynofloristique. Une autre difficulté était le faible nombre de taxons botaniques reconnus pouvant nous aider à saisir la succession climatique possible. La palynoflore du ravin d'Esplugafreda, récemment découverte, nous permet de relier des ensembles palynologiques du Thanétien (Médus, 1975) à ceux de la zonation des Alveolines (coupe de Tremp) et de préciser les modifications du climat du Tertiaire inférieur.

#### CHARACTERISTIQUES STRATIGRAPHIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES DU RAVIN D'ES-PLUGAFREDA.

Les matériaux terrigènes du ravin d'Esplugafreda correspondent (Fig. 3) à des lutites rouges avec quelques intercalations de grés et de conglomérats. Les matériaux terrigènes grossiers, principalement les conglomérats, ont des formes lenticulaires marquées et ont une épaisseur maximum de l'ordre de 4,5 m. A l'intérieur on y distingue des cicatrices d'érosion de divers ordres de grandeurs et de formes qui, avec la présence des niveaux sableux lenticulaires intercalés, leurs confèrent un caractère clairement épisodique. La présence importante de clastes carbonatés suggère que ces conglomérats proviennent de la destruction d'un massif mésozoïque situé vers le Nord. Les paléocourants principaux indiquent des apports également vers l'WSW.

De façon générale, les niveaux gréseux sont associés latéralement à des corps conglomératiques lenticulaires qui représentent leurs expansions latérales. Ceci est corroboré par l'existence de sédimentations croisées à petite échelle (*ripples*) qui, avec les restes de sédimentations parallèles, impliquent une continuité latérale avec les corps de plus forte importance d'où proviennent les paléocourants locaux et qui correspondent à des expansions latérales du flux.

Les lutites ont une nette couleur rouge très caractéristique et présentent quelques niveaux de nodules carbonatés qui localement peuvent arriver à constituer des petits horizons assez continus et avec des épaisseurs homogènes décimétriques. Ils correspondent à des niveaux d'origine édaphique développés à partir d'enrichissements locaux

en carbonates. Vers la partie inférieure de la coupe étudiée les horizons dans lesquels se trouvent une grande quantité de colonies de *Microcodium* deviennent très évidents. Ils confèrent un certain aspect «sableux» aux niveaux marneux dans lesquels ils sont situés. Localement il existe quelques nodules centimétriques de gypse dispersés dans les lutites. Ils sont plutôt localisés vers la partie supérieure de la coupe étudiée. La partie la plus haute de la section est caractérisée par des lutites de couleur grisâtre qui peuvent présenter localement une grande quantité de restes organiques.

L'architecture des dépôts implique l'existence de deux zones différenciées à partir de la distribution des corps terrigènes grossiers au sein des lutites. La partie inférieure est caractérisée par la présence de corps lenticulaires de grés et de conglomérats sans connections les uns avec les autres. Au contraire, la partie supérieure montre des corps de matériaux terrigènes grossiers avec une grande continuité latérale et aspect «stratiforme».

L'ensemble sédimentologique connu implique l'existence d'un système de dépôts alluviaux qui, provenant du démantèlement d'une structure mésozoïque située au Nord se prolongerait vers le Sud et l'WSW. Ce système se trouve caractérisé par un comportement épisodique des flux transportant les sédiments par des chenaux de distribution. Au fur et à mesure que l'on monte dans la série, on observe une diminution significative de l'encaissement des corps lenticulaires de terrigènes grossiers. Cela implique un pendage de dépôt meilleur dans la zone inférieure tandis qu'il irait en s'adoucissant dans la partie supérieure dans laquelle les chenaux perdraient leur aspect encaissé, permettant aux flux chargés de sédiments de se répandre latéralement. Cette partie supérieure correspondrait aux zones médio-distales du système alluvial. Il faut considérer que la grande quantité de lutites implique que les flux devaient transporter une grande quantité de sédiments lutitiques en suspension.

Finalement la partie terminale, avec les lutites grises, déjà en relation avec les matériaux carbonatés susjacentes, impliqueraient le passage du faciés alluvial distal aux milieux marins.

L'existence de niveaux carbonatés d'origine édaphique développés principalement dans les ensembles lutitiques inférieurs, suggère un climat chaud avec des périodes de sécheresse correspondant à la formation des nodules carbonatés. La présence de *Microcodium* impliquerait l'existence d'une couverture végétale localement instable ainsi qu'une certaine périodicité des pluies. Finalement, l'ensemble évolue vers le haut dans le sens d'une augmentation de l'aridité car le développement des nodules gypsifères centimétriques observés, suggère l'existence de périodes d'intense sécheresse, avec quelques épisodes humides très rares et épisodiques. Le passage aux matériaux déjà marins se réalisant ultérieurement (Ilerdien).

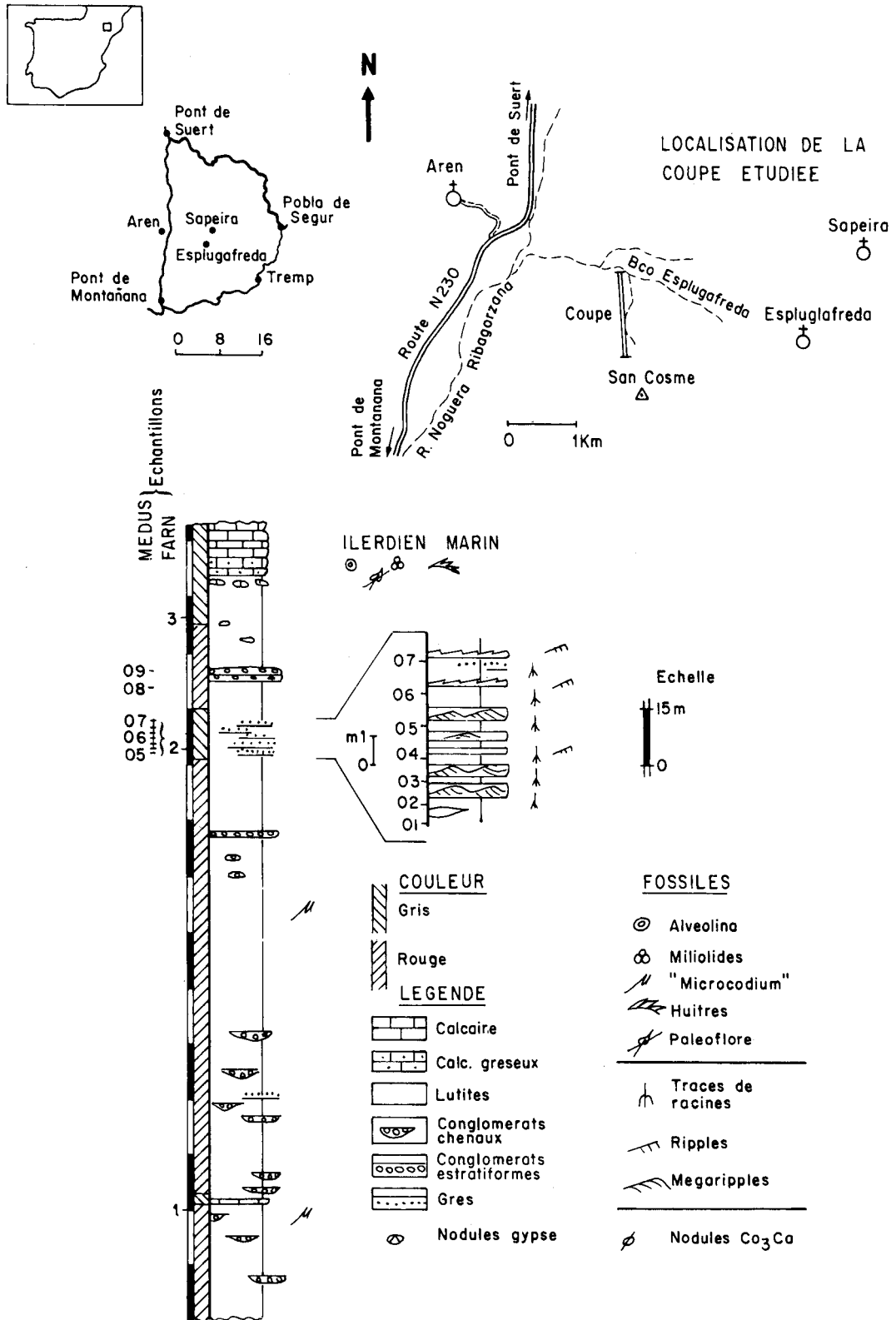


Figure 3.- Coupe synthétique du ravin d'Esplugafreda. Noter le changement de style des corps alluviaux, avec chenaux encaissés à la base, et avec niveaux «stratiformes» vers la partie supérieure.

Figura 3.- Serie sintética del barranc d'Esplugafreda. Hay que resaltar el cambio vertical en el estilo de los depósitos aluviales. Encajados y lenticulares hacia la base, y con gran extensión lateral hacia la parte superior.

## PALYNOFLORE DU RAVIN D'ESPLUGAFREDA

Les formes qui peuvent être reconnues sont pour la majorité des éléments de niveaux rapportés au Thanétien ou aux zones à *Alveolina cucumiformis* et *A. ellipsoidalis* et assez peu à la zone à *A. levis* (Médus, 1975; 1977). Parmi les formes qui sont relativement fréquentes, il y a (les formes citées sont suivies des indications de publication du type de référence dans les notes de Médus, 1975 et 1977):

cf. *Garcinia* in Gruas Cavagnetto *et al.*, 1988, 1, 14-17

*Intratropollenites* sp

*Labrapollis labraferus* (R.Pot.) Krutzsch et Van Horne, 1977

*Labrapollis rotundoides* Krutzsch et Van Horne, 1977

*Nudopollis exemploides*, 1977, 3, 7-8

*Pentapollenites* sp.

*Plicapollis pseudoexcelsus ssp. pseudoexcelsus*, 1977, 2, 1-2

*P. pseudoexcelsus ssp. turgidus*, 1977, 1, 20-21

*Psittacolpis* cf. *eleagnoides* (Zakl. 1963) Kevdes, 1967. Il faut noter la ressemblance qu'il y a avec la forme cf. *Periporopollenites pentangulus* malgré la différence de taille.

cf. *Sporopollis* aut *Plicapollis*, 1977, 2, 6-7

*Subtriporopollenites constans ssp. fossulatus* Roche

*S. magnoporatus magnoanulus*, 1977, 3, 11.

*S. anulatus ssp. nanus*, 1977, 2, 21.

*Subtriporopollenites* sp., 1975, 1, 29

*Triatriopollenites aroboratus*, 1975, 1, 23.

*T. excelsus ssp. semiturgidus*, 1975, 2, 18.

*T. pseudorurensis*, 1977, 1, 1

*T. rurensis*, 1977, 1, 15.

*Triatriopollenites* fsp, 1977, 3, 2-3.

*Triporopollenites robustus ssp. robustus*, 1975, 2, 23

*Triporopollenites spackmanii*, 1977, 2, 18.

La planche I illustre quelques unes de ces formes et complète cette liste.

Les Restionaceae sont présentes (Pl. I, Fig. 18) mais leur taux de 7-8 % est remarquable. En effet, ces

grains sont trouvés dans les palynoflores du Thanétien et de l'Ilerdien inférieur mais avec des fréquences généralement faibles.

L'existence de milieux à Restionaceae (marais, étangs, ...) au Paléocène supérieur avec des formations végétales à Juglandaceae, *Engelhardia* (ex. *Triatriopollenites*), *Carya* (ex. *Subtriporopollenites*) et des Myricaceae (ex. *Plicapollis*) impliquent des végétations semi-décidues de climats à tendance tropicale.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'étude palynofloristique du Campanien et Maastrichtien inférieur de Sedano (Prov. de Burgos) avait montrée un changement assez net du climat vers une aridification (Médus, 1987). D'un autre côté, l'on sait que le palmier du genre *Nypa*, associé aux mangroves actuelles en Asie, est fréquent dans les niveaux de l'Ilerdien supérieur des Pyrénées (Haseldonckx, 1972) et du Cuisien du Sud de la France. Il a d'ailleurs été reconnu (Ollivier-Pierre *et al.*, 1987; Gruas Cavagnetto *et al.*, 1988) que des éléments de climats tropicaux humides envahissent les palynoflores des bassins d'Europe nord-occidentale à partir du Landénien terminal ou de l'Yprésien inférieur. Enfin, nous admettons que l'abondance de formes attribuables aux Myricaceae (et peut-être aux Betulaceae) dans les palynoflores de la zone à *Alveolina Primaeva* à la suite de la forte augmentation de *Pinus* est l'indication d'un refroidissement puis d'une augmentation de la pluviosité.

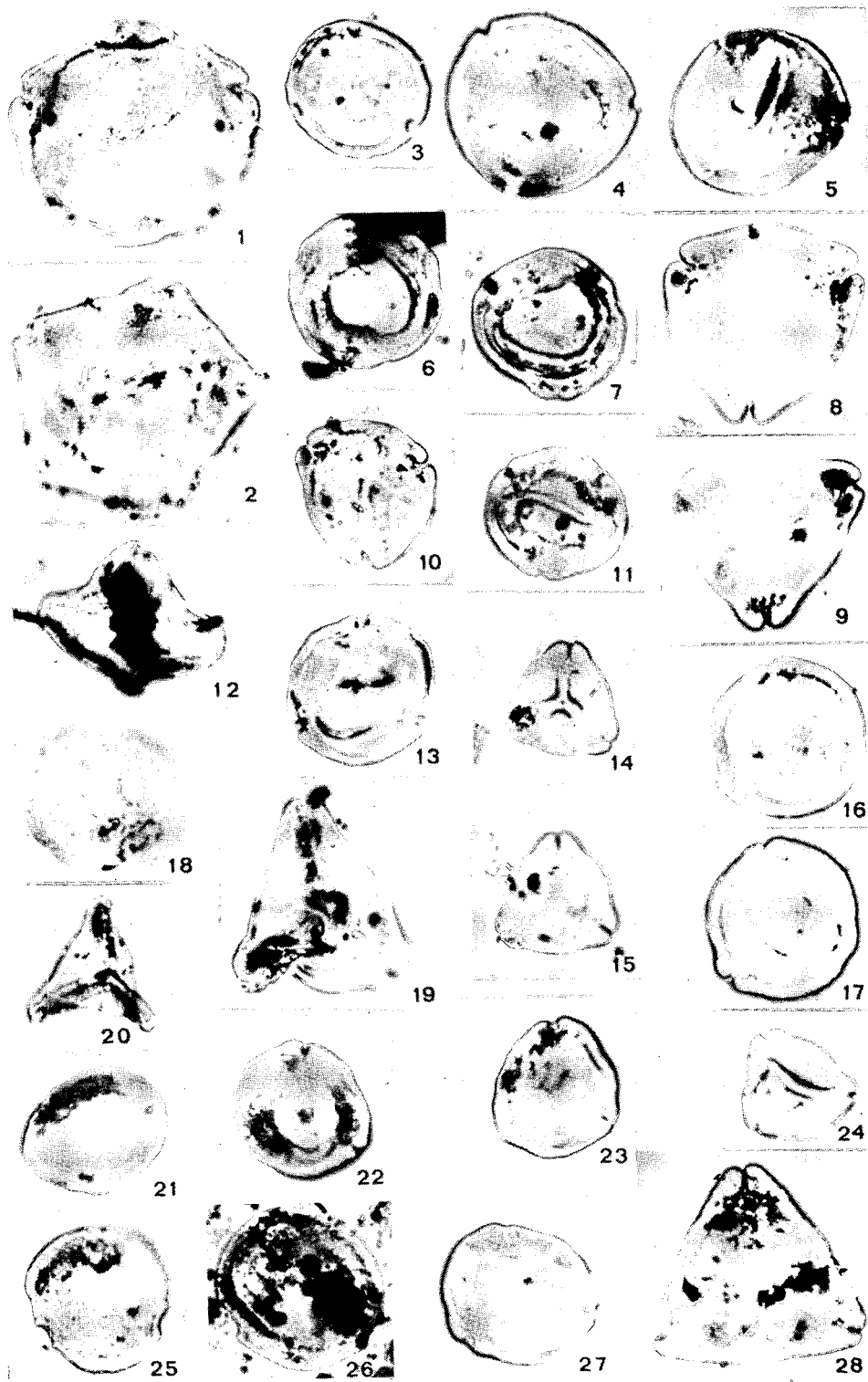
Ainsi, la succession des événements climatiques que ces études permettent de proposer sur la base des assemblages palynofloristiques depuis le Maastrichtien jusqu'à l'Ilerdien inférieur/moyen est la suivante:

1).- Une lente diminution de la température (et/ou une diminution aussi progressive de l'humidité) dans un climat tropical contrasté pendant le Maastrichtien et le Danien.

2).- Installation (Z. à *Alveolina primaeva-levis*) d'une pluviosité et d'un climat frais de type tempéré océanique.

3).- Bascule progressive de cette situation vers le tropical (Z. à *Alveolina cucumiformis*) par augmentation de la température (et de la période de sécheresse?)

Il est bien certain que cette succession doit subir des vérifications mais dans l'état actuel des travaux, on peut noter qu'il n'y a pas de superposition exacte de l'un de ces changements avec la limite Crétacé-Tertiaire admise ici (Maastrichtien-Danien); il en est d'ailleurs de même dans le Nord de l'Europe.



Figures 1 & 2, cf. Garcinia (fig. 1, FARN 3; fig. 2, Tremp 4)  
 Figure 3, Subtriporopollenites constans fossulatus Roche (FARN 2)  
 Figures 4 & 5, Triporopollenites spackmanii (FARN 2), aff. Celtis, Carpinus ?  
 Figures 6, 7 & 11, Labrapollis rotundoides (figs. 6, 7, FARN 2; fig. 11, FARN 1)  
 Figs. 8 & 9, Triporopollenites robustus robustus (fig. 8, Tremp 2; fig. 9, FARN 2), aff. Myrica  
 Figure 10, cf. Sporopollis aut Plicapollis, (FARN 2)  
 Figure 12, Pentapollenites sp. (FARN 2)  
 Figure 13, Subtriporopollenites constans (FARN 2)  
 Figures 14 & 15, Plicapollis pseudoexcelsus pseudoexcelsus, (fig. 14, FARN 3; fig. 15, Tremp 4)  
 Figures 16 & 17, Subtriporopollenites sp., (FARN 3)  
 Figure 18, Restionaceae  
 Figure 19, Psittacopolis cf. eleagnoides (FARN 2)  
 Figure 20, cf Periporopollenites pentangulus (Tremp 4)  
 Figure 21, Subtriporopollenites, 1975, 1, 29 (FARN 1)  
 Figures 22, 23, 24, & 27, Triatriopollenites sp. (fig. 22, FARN 1; fig. 23 & 24, FARN 2; fig. 27, FARN 3) aff. Engelhardia  
 Figures 25 & 26, Subtriporopollenites fsp C (fig. 25, FARN 2; fig. 26, Villarcayo)  
 Figure 28, Trudopollis bacculotrudens in Roche, 1968.  
 (Pour les ensembles polliniques de Tremp, les chiffres se réfèrent aux niveaux indiqués sur la coupe in Médus *et al.* 1988).

←  
 Sur le continent nord-américain la limite Crétacé-Tertiaire est, par défaut peut-on dire, principalement fondée sur un événement palynofloristique (Tschudy *et al.*, 1984; Johnson *et al.*, 1989). Cet (ou succession d') événement(s) paraît général à l'échelle de l'hémisphère boréal au moins (Saito *et al.*, 1986). Toutefois, la diversité des situations des événements palynofloristiques vis à vis de l'anomalie à iridium (Jerzykiewicz & Sweet, 1986) implique de rester encore prudent.

Régionalement, il faut donc conclure, qu'en domaine strictement continental, en l'absence de données paléozoologiques (dinosaures), les données paléofloristiques (palynoflore) ne peuvent donner qu'une approximation surtout si elles ne sont pas continues comme c'est le cas dans la zone étudiée. Mais nous pouvons ajouter que la succession climatique présentée, pour incomplète qu'elle soit certainement, est un élément d'explication alternatif plausible (cf. Hallam, 1987) à l'hypothèse extraterrestre pour l'extinction des dinosaures

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr. Nuria Sole de Porta de la lecture et de la critique du manuscrit. Les critiques reçues de deux lecteurs anonymes ont aussi contribué à améliorer cet article.

## REFERENCES

- CHRISTENSEN, W.K., et BIRKELUND, T., 1979: *Cretaceous-Tertiary Boundary events, Symposium*, 2 vols, 486 pp.
- GRUAS CAVAGNETTO, C., TAMBAREAU, Y., et VILLATTE, J., 1988: Données paléocologiques nouvelles sur le Thanétien et l'Ilerdien de l'avant-pays pyrénéen et de la Montagne Noire. *Inst. Fr. Pondichéry, Trav. Sec. Sci. Tech.*, 25:219-235.
- HALLAM, A., 1987: End-Cretaceous mass extinction event: argument for terrestrial causation. *Science*, 238: 1237-1242.
- HASELDONCKX, P., 1972: The presence of *Nypa* palms in Europe: a solved problem. *Geol. Mijnb.*, 51: 645-650.
- JERZYKIEWICZ, T. et SWEET, A.R., 1986: The Cretaceous-tertiary boundary in the central Alberta Foothills. I; stratigraphy. *Can. Jour. Earth. Sci.*, 23: 1356-1374.
- JOHNSON, K.R., NICHOLS, D.J., ATTREP Jr. M. et ORTH, C., 1989: High-resolution leaf-fossil record spanning the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, 340: 708-711.
- MEDUS, J., 1975: Quelques palynoflores du Tertiaire inférieur du Sud de la France et du Nord de l'Espagne. *Rev. Esp. Micropal.*, 7: 113-126.
- MEDUS, J., 1977: Palynostratigraphie des zones à *Alveolina primaeva*, *A. levis* et *A. cucumiformis* dans les Pyrénées. *Géobios*, 10: 625-639.
- MEDUS, J., 1984: Palynologie. In Plaziat, J.C., *Le domaine pyrénéen de la fin du Crétacé à la fin de l'Eocène. Stratigraphie, paléoenvironnements et évolution paléogéographique*. Thèse Doc. es Sci., Orsay, n 2885, 1: 329-362.
- MEDUS, J., 1987: Analyse quantitative des palynoflores du Campanien de Sedano, Espagne. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 51: 309-326.
- MEDUS, J., FEIST, M., ROCCHIA, R., BATTEN, D.J., BOCLET, D., COLOMBO, F., TAMBAREAU, Y. et VILLATTE, J., 1988: Prospects for recognition of the palynological Cretaceous/Tertiary boundary and an iridium anomaly in nonmarine facies of the eastern Spanish Pyrenees: a preliminary report. *Newsl. Strat.*, 18: 123-138.
- OLLIVIER PIERRE, M.F., GRUAS CAVAGNETTO, C., ROCHE, E. et SCHULER, M., 1987: Elements de flore de type tropical et variations climatiques au Paléogène dans quelques bassins d'Europe nord-occidentale. *Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier*, 17: 173-205.
- SAITO, T., YAMANOI, T. et KAIHO, K., 1986: End-Cretaceous devastation of terrestrial flora in the boreal Far East. *Nature*, 323: 253-255.
- TSCHUDY, R.H., PILLMORE, C.L., ORTH, C.J. GILMORE, J.S. et KNIGHT, J.D., 1984: Disruption of the Terrestrial Plant Ecosystem at the Cretaceous-Tertiary Boundary, Western Interior. *Science*, 225: 1030-1032.