

Nouvelles données biostratigraphiques sur la limite Cénomanién-Turonien. La coupe de Cassis (Sud-Est de la France) : proposition d'un hypostratotype européen

New biostratigraphic data on the Cenomanian–Turonian boundary. The Cassis section (SE France): proposal for a European hypostratotype

Patrick JOLET¹, Jean PHILIP¹, Gérard THOMEL², Gregorio LÓPEZ³ et Guy TRONCHETTI¹

¹ Centre de sédimentologie-paléontologie, UPRES A 6019 CNRS, Université de Provence, case 67, place V.-Hugo 13331 Marseille cedex 3, France ;

² Muséum histoire naturelle de Nice, 60 bis, bd Rizzo, 06300 Nice, France ;

³ Departament de Geologia (Paleontologia), Fac. Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Espagne

RÉSUMÉ

La découverte d'une riche association d'ammonites et d'inocérames dans la coupe de Cassis permet d'établir une biozotation intégrée nouvelle de la limite Cénomanién-Turonien. Quatre zones d'ammonites, quatre associations d'inocérames et trois zones de foraminifères planctoniques sont distinguées. La biozotation jusqu'alors admise de cet intervalle stratigraphique est discutée. Une comparaison avec le stratotype de Pueblo (USA) conduit à proposer la coupe de Cassis comme hypostratotype européen de la limite Cénomanién-Turonien.

Mots clés : Limite Cénomanién-Turonien, Biostratigraphie, Ammonites, Inocérames, Foraminifères planctoniques, Sud-Est France

ABSTRACT

The discovery of a rich ammonite and inoceramid assemblage at the Cassis section enables the establishment of a new integrated biozotation for the Cenomanian–Turonian boundary. Four ammonite zones, four inoceramid associations and three planktonic foraminifera zones are recognized. The definitions of the traditional 'standard' ammonite and inoceramid zones/associations are discussed herein. A critical comparison with the stratotype at Pueblo (USA) supports the proposal of the Cassis sequence as a European hypostratotype of the Cenomanian–Turonian boundary.

Keywords: Cenomanian–Turonian boundary, Biostratigraphy, Ammonites, Inoceramids, Planktonic foraminifera, SE France

Abridged version (see p. 708)

Note présentée par Jean Dercourt

Note remise le 26 mai 1997, acceptée après révision le 11 août 1997

I. Introduction

La coupe de Cassis a fait l'objet de nombreux travaux depuis le siècle dernier. La série cénomano-turonienne affleure en bord de mer entre la Pointe des Lombards et le pied de la falaise du Cap Canaille (figure 1). Depuis les travaux de Fabre (1940) et Babinot et al. (1972), la limite entre le Cénomaniens et le Turonien (C-T) a été placée dans les calcaires marneux glissés de la Pointe Corton. Cette interprétation a été confortée par la mise en évidence des zones à *Cushmani* et *Archaeocretacea* dans les marnes de l'Anse Ste Madeleine (Tronchetti, 1981). Ces formations, qui jusqu'alors n'avaient pas fourni d'ammonites, se sont révélées pourtant riches en espèces appartenant à ce groupe (400 spécimens récoltés, publication et figurations en cours). A ces découvertes, se sont également ajoutées celles de nombreux inocérames et, afin de compléter les études de microfaune effectuées antérieurement, l'échantillonnage des ensembles marneux et des faisceaux carbonatés a été réalisé sur l'ensemble de la coupe (Joliet, 1996). Dès lors, la coupe de Cassis s'est révélée d'un grand intérêt pour l'établissement d'une biostratigraphie intégrée de la limite C-T en Europe.

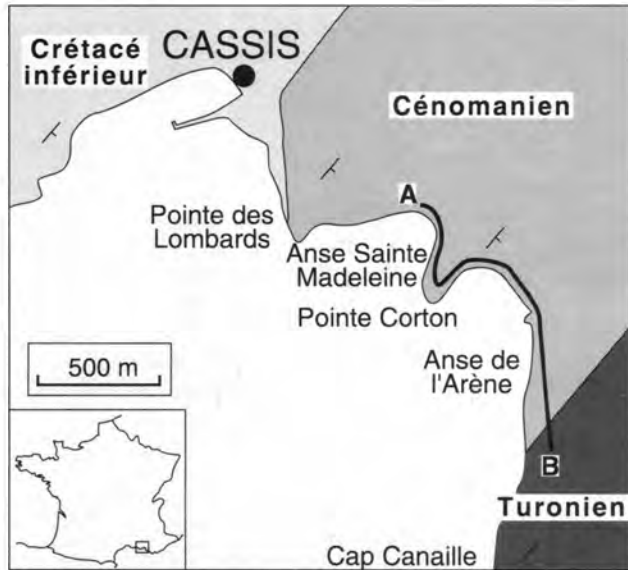


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude et de la coupe (A-B).

Location map of the study area and of the section (A-B).

II. Description de la coupe

Les unités suivantes peuvent être distinguées (figure 2) : 1) marnes de l'Anse Sainte-Madeleine : dans les derniers niveaux, on récolte des ammonites et, 1 m au-dessus de la dernière apparition de *R. cushmani*, *Neocardioceras juddii* ; 2) *slumps* de la Pointe Corton : deux niveaux à couches contournées, séparés par des marnes, livrant *Whiteinella archaeocretacea*. 3) marno-calcaires de l'Anse de l'Arène : il s'agit d'ensembles marneux riches en faune (I à VIII) entrecoupés de faisceaux carbonatés et gréseux peu fossilifères (a à g).

La série de l'Anse de l'Arène a fourni des données nouvelles sur la limite C-T (figures 2 et 3). L'ensemble marneux I renferme une riche faune d'ammonites (18 espèces) et d'inocérames (six espèces) ; l'association d'ammonites montre la coexistence de *N. juddii* et *Metoicoceras geslinianum* notamment. L'ensemble II est également riche en ammonites (neuf espèces), mais plus pauvre en inocérames (une espèce) ; *N. juddii* voisine encore avec *M. geslinianum*. L'ensemble III n'a fourni qu'une population abondante (acmé ?) de *Sciponoceras gracile* et deux espèces d'*Euomphaloceras* ; les inocérames sont représentés par quatre espèces. Deux espèces d'ammonites (dont *S. gracile*) et deux d'inocérames sont présentes dans l'ensemble IV. L'ensemble V livre sept espèces d'ammonites dont une population de *Watinoceras*, ainsi que trois espèces d'inocérames. Ammonites et inocérames sont encore abondants dans les ensembles marneux VI à VIII. La première apparition d'*Helvetoglobotruncana helvetica* s'effectue à la partie supérieure de l'ensemble VIII.

III. Biostratigraphie de la limite Cénomaniens-Turonien

Les ammonites permettent de distinguer quatre zones. La première est définie par la concomitance des ammonites de zone du Cénomaniens supérieur *M. geslinianum* et *N. juddii*. Jusqu'à présent, ces deux ammonites étaient considérées comme constituant deux zones superposées et distinctes (Birkelund et al., 1984). A Cassis, non seulement elles coexistent dans les mêmes horizons mais, de plus, *N. juddii* semble apparaître plus précocement que *M. geslinianum*, au sommet des marnes de l'Anse Sainte-Madeleine. La deuxième est une zone d'intervalle comprise entre la disparition de *N. juddii* et *M. geslinianum* et l'apparition de *W. devonense* et *W. coloradoense*. Cette zone, caractérisée par une abondante population de *S. gracile*, mais n'ayant livré aucune forme index, peut être rapportée, soit au Cénomaniens terminal, soit au Turonien basal. La troisième zone coïncide avec l'extension totale de deux taxons : *W. devonense* et *W. coloradoense*, considérés comme représentants de la première zone du Turonien (Robaszynski, 1983). La quatrième zone est caractérisée par la présence des ammonites index de la zone à *Nodosoïdes* et notamment de *Morrowites mohovanensis*. *Mammites nodosoides*, absente dans la coupe de Cassis, a cependant été signalée latéralement dans la localité proche du Vallon des Janots, entre Cassis et la Bédoule (Fabre, 1940).

Parallèlement aux zones d'ammonites, quatre associations d'inocérames peuvent être distinguées (figure 2). La première, qui coïncide sensiblement avec la zone à *Geslinianum-Juddii*, est caractérisée par l'apparition de quatre espèces de *Mytiloides*. Ces espèces coexistent avec *M. wiedmanni* et *M. kossmati kossmati* qui, dans la coupe de Cassis, apparaissent dans le Cénomaniens supérieur (zone à *Pentagonum*) de l'Anse Sainte-Madeleine (Joliet, 1996). La deuxième association est caractérisée par l'ap-

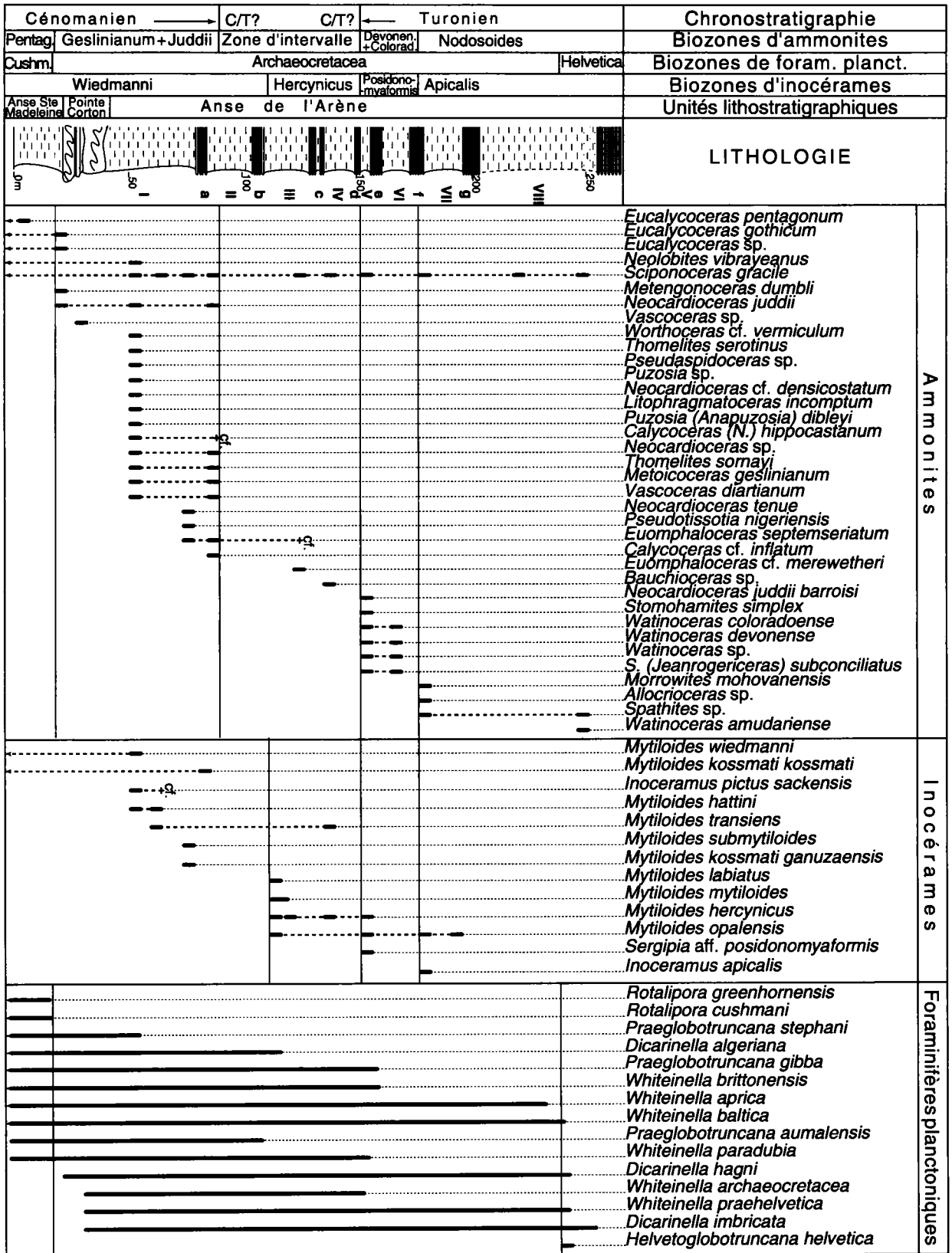


Figure 2. Répartition stratigraphique des ammonites, des inocérames et des foraminifères planctoniques dans le Cénomanién supérieur et le Turonien inférieur de la coupe de Cassis.

Stratigraphical distribution of ammonites, inoceramids and planktonic foraminifera in the Upper Cenomanian and the Lower Turonian of the Cassis section.

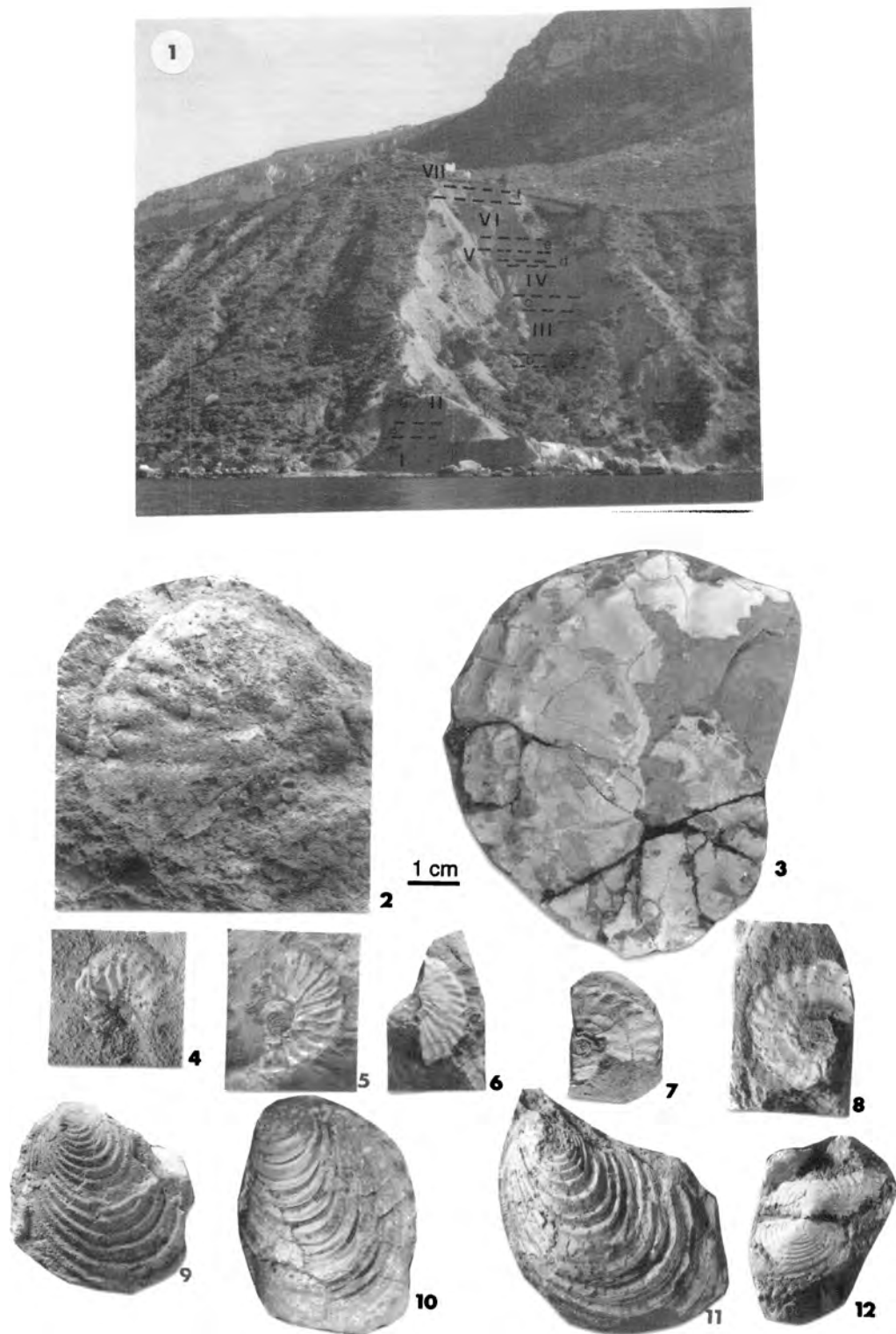


Figure 3. 1. Vue de la coupe de l'Anse de l'Arène. On distingue les ensembles marneux (I à VII) et les faisceaux carbonatés et gréseux (a à f). 2. *Metoicoceras geslinianum* (Arène II). 3. *Thomelites sornayi* (Arène I). 4. *Neocardioceras juddii* (Arène II). 5. et 6. *Watinoceras devonense* (Arène V). 7. et 8. *W. coloradoense* (Arènes V et VI). 9. *Mytiloides kossmati kossmati* (Arène II). 10. *M. submytiloides* (Arène I). 11. *M. mytiloides* (Arène III). 12. *Sergipia* aff. *posidonomyaformis* (Arène V). Tous les spécimens sont conservés au Centre de sédimentologie-paléontologie de l'Université de Provence.

Panoramic view of the Anse de l'Arène section, showing the marly units (I to VII) and the sandy limestone beds (a to f). All specimens are in the Centre de sédimentologie-paléontologie of Provence University.

parition de quatre espèces de *Mytiloides*. La troisième, équivalente à la zone à Devonense-Coloradoense, est marquée par l'apparition du genre *Sergipia*. Enfin, l'apparition de *I. apicalis* coïncide avec la base de la zone à Nodosoïdes, ce qui correspond à un vieillissement de cette espèce, qui était considérée comme d'âge Turonien moyen (López 1994 ; Harries *et al.*, 1996).

Dans la coupe de Cassis, les trois zones de foraminifères planctoniques impliquées dans la limite C-T (Robaszynski et Caron, 1995) ont été reconnues. La zone à Cushmani débute à la base de la zone à Pentagonum dans l'Anse Sainte-Madeleine (Tronchetti, 1981) et s'achève à environ 2 m sous les niveaux à glissements synsédimentaires de la Pointe Corton, c'est-à-dire à 1,5 m sous le premier niveau à *N. juddii*. La zone à Archaeocretacea s'étend depuis les niveaux de la Pointe Corton jusque dans la zone à Devonense-Coloradoense. La première apparition de *H. helvetica* se situe dans la zone à Nodosoïdes, donc à un niveau plus élevé que dans la zonation de Robaszynski et Caron (1995), où cette espèce est donnée comme marqueur de la limite C-T.

IV. Discussion

La découverte de 36 espèces d'ammonites et de 13 espèces d'inocérames au passage C-T, nous autorise à préciser les relations paléobiogéographiques de la région de Cassis à cette époque. Les ammonites ont des affinités avec différentes régions : boréale (pour les *Acanthoceratidae*), américaine (avec la présence de *M. dumbli* et *L. incomptum*) et africaine (*P. nigeriensis*). Les inocérames présentent des affinités avec les faunes européennes, mais certaines espèces ont des répartitions plus vastes. C'est ainsi que *M. hattini* est une forme commune du Western Interior Basin (États-Unis) (Elder, 1991 ; Harries *et al.*, 1996) et c'est, à Cassis, l'occurrence la plus nette de cette espèce en Europe. Le genre *Sergipia*, dont c'est la première mention en Europe, est cité du Bassin de Sergipe au Brésil (Hessel, 1988) en Colombie, au Colorado et au Nigeria (Voigt, 1995).

En ce qui concerne l'évolution des ammonites, une chute importante de la diversité spécifique semble se produire au Cénomanién terminal, suivie d'un renouvellement des espèces au Turonien basal. L'appauvrissement spécifique constaté dans la zone d'intervalle ne s'accompagne d'aucune modification apparente du message sédimentaire. L'évolution des inocérames s'effectue par paliers successifs, sans qu'il ne soit possible de mettre en évidence une période de crise prononcée entre le Cénomanién supérieur et le Turonien basal. Le genre *Mytiloides*, dont l'apparition était supposée marquer la limite C-T (Harries et Kauffman, 1990) apparaît à Cassis dès le Cénomanién supérieur.

Sans modifier fondamentalement la succession des formes index d'ammonites, la coupe de Cassis oblige toutefois à substituer au concept classique de zones d'extension totale, utilisé jusqu'ici (Bengtson, 1996), celui de zones de concomitance. C'est ainsi que les zones à Ges-

linianum et Juddii d'une part, Devonense et Coloradoense d'autre part, séparées dans la zonation classique, sont respectivement en coexistence ici. Une zone d'intervalle sans espèce index est mise en évidence à Cassis. Dans l'état actuel de nos travaux, c'est dans cet intervalle qu'il faut placer la limite C-T. Deux limites biostratigraphiques peuvent être proposées : disparition de *juddii* ou apparition de *devonense-coloradoense*. La première option est confortée par l'apparition, à la partie inférieure de la zone d'intervalle, d'espèces d'inocérames considérées très généralement comme turoniennes (*M. labiatus*, *M. hercynicus*). La seconde est conforme à la définition biostratigraphique de la limite C-T (Bengtson, 1996), mais implique une absence réelle du genre *Watinoceras* dans la zone d'intervalle, ce que des recherches ultérieures devront confirmer.

La coupe de Cassis montre un décalage chronostratigraphique, vers le bas, des associations d'inocérames par rapport aux biozonations jusqu'ici reconnues (López, 1994 ; Harries *et al.*, 1996). L'échelle de biozonation des inocérames, et son étalonnage sur les zones d'ammonites, doivent donc être revus, en tenant compte du fait que les niveaux d'apparition peuvent être diachrones d'une région à l'autre et que seules des séries dilatées (comme c'est le cas de la coupe de Cassis) peuvent permettre d'avoir une idée réaliste de l'extension totale d'un taxon.

Le second symposium international sur les limites d'étages du Crétacé, qui s'est tenu à Bruxelles en 1995, a décidé d'entériner le choix de la coupe de Pueblo (USA) comme stratotype de la limite C-T (Bengtson, 1996), en dépit du fait que cette coupe soit située dans un autre domaine paléobiogéographique que celui où ont été définis les stratotypes d'étages. La coupe de Cassis ne montre pas cet inconvénient et des corrélations peuvent être établies avec les régions stratotypiques (Rat, 1978). Par rapport à la coupe de Pueblo, la coupe de Cassis possède d'autres avantages, tels que la dilatation de la série (160 m entre la base de Juddii et la base de Nodosoïdes, à Cassis, contre 4 m à Pueblo) et le passage latéral à des formations carbonatées à rudistes (Philip, 1970 ; Jolet, 1996), organismes qui, rappelons-le, ont été utilisés par d'Orbigny pour la définition des étages cénomanién et turonien (Philip, 1978). Par ailleurs, la coupe de Cassis renferme les trois groupes majeurs utilisés pour définir la limite C-T (ammonites, inocérames, foraminifères planctoniques), mais leur répartition temporelle diffère de celle de Pueblo. Les différences concernent principalement les zones d'extension de *M. geslinianum* et *N. juddii* chez les ammonites, de celle du genre *Mytiloides* chez les inocérames et de *W. praehelvetica*-*H. helvetica* chez les foraminifères planctoniques.

Toutes ces raisons nous incitent à proposer la coupe de Cassis comme hypostratotype européen de la limite C-T, dans l'attente que d'autres études (géochimie isotopique, nannoplancton notamment) lui confèrent, comme cela nous paraît justifié, un statut de stratotype de limite, en raison des données biostratigraphiques plus complètes que cette coupe offre par rapport à celle de Pueblo.

V. Conclusion

La coupe de Cassis permet d'établir une biozonation intégrée de la limite C-T à partir des ammonites, inocérames et foraminifères planctoniques. De plus, elle offre des perspectives de corrélations avec les bassins européens, africains et américains. La dilatation de la série (d'un

facteur 40 par rapport à la coupe de Pueblo pour le même intervalle stratigraphique) conduit à réévaluer les zones d'extension des espèces d'ammonites et d'inocérames établies pour fixer la limite C-T. Enfin, la coupe de Cassis peut être proposée comme hypostratotype européen de la limite C-T et il paraît souhaitable d'y développer des études complémentaires, afin de pouvoir effectuer une comparaison plus précise avec le stratotype américain.

ABRIDGED VERSION

Introduction

The Cenomanian–Turonian (C–T) sequence crops out at the sea side between the Pointe des Lombards and the foot cliff of Cap Canaille (figure 1). Following the works by Fabre (1940) and Babinot et al. (1972), the boundary between the Cenomanian and the Turonian has been placed in the slumped marly limestones of the Pointe Corton. This interpretation is supported by the discovery of Cushmani and Archaeocretacea zones inside the marls at the Anse Sainte Madeleine (Tronchetti, 1981). Previously, these formations have never supplied ammonite specimens, but new fieldworks show that they are very rich in species of this group. In addition, abundant inoceramid faunas are also recognized (Jolet, 1996). Thus, the Cassis section is of great interest for establishing an integrated biostratigraphy for the C–T boundary in Europe.

Description of the section

The following units are defined (figure 2): 1 – Marls of the Anse Sainte Madeleine. 2 – Slumps of the Pointe Corton. 3 – Marly limestones of the Anse de l'Arène. This sequence is constituted by marl successions rich in faunas (I to VIII) intercalated with carbonate and poorly fossiliferous sandy facies (a to g). The section at the Anse de l'Arène supplies new data on the C–T boundary (figures 2 and 3).

Biostratigraphy of the Cenomanian–Turonian boundary

Ammonite faunas allow us to distinguish four zones. The first one is defined by the co-occurrence of the ammonite markers for the Upper Cenomanian: *M. gestlimianum* and *N. juddii*. Until now, both ammonite species were considered to be members of two different and overlapping zones (Birkelund et al. 1984). The second one is an interval zone, located between the last occurrence of both *M. gestlimianum* and *N. juddii* and the first occurrence of *W. devonense* and *W. coloradoense*. This zone is characterized by an abundant population of *S. gracile* and the absence of index species. Consequently, it may be attributed both to the uppermost Cenomanian, as well as to the lowermost Turonian. The third zone corresponds to the total extension range of two taxa: *W. devonense* and *W. coloradoense*, both considered to be members of the first zone of the Turonian (Robaszynski, 1983). The fourth zone is characterized

by the occurrence of the ammonite index of the *Nodosoides* zone, and especially by *Morrowites mohovanensis*.

Four inoceramid associations are distinguished at the Cassis section (figure 2). The first is characterized by the apparition of four species of *Mytiloides*. The second association is characterized by the apparition of four species of *Mytiloides*. The third is recognized by the apparition of the genus *Sergipia*. The first occurrence of *I. apicalis* is correlated to the base of the *Nodosoides* zone.

At the Cassis section, all three planktonic foraminifera zones are recognized close to the C–T boundary (Robaszynski and Caron, 1995).

Discussion

The ammonite faunas show similarities with those of different regions: Boreal (by numerous Acanthoceratidae), American (by the presence of *M. dumbli* and *L. incomptum*), and African (by the presence of *P. nigeriensis*). Although the inoceramid faunas show close affinities to the European faunas, some species present a worldwide distribution. It should be noted that the ammonite faunas may show an important decrease of the species diversity in the uppermost Cenomanian, followed by a renewal of the species at the lowermost Turonian. On the other hand, the inoceramid evolution shows a pattern of successive stages, and thus it is not possible to report any significant crisis period between the Upper Cenomanian and the lowermost Turonian. The first apparition of the genus *Mytiloides*, traditionally considered to be marked by the C–T boundary (Harries and Kauffman, 1990), occurs in the Upper Cenomanian of the Cassis section.

The data provided by the Cassis section may change the classical concept of a total extension zone, and replace it by the concept of concomitant zone. One interval zone without its index species is reported at the Cassis section. According to our current data, it is in this interval that the C–T boundary must be placed. Two biostratigraphical markers may be proposed: the disappearance of *N. juddii* or the apparition of *W. devonense-coloradoense*.

According to the biostratigraphic scheme described herein, the lower part of the Cassis section shows a chronostratigraphic shift of the inoceramid associations (López, 1994; Harries et al., 1996).

The Second International Symposium on the Cretaceous stage boundaries held in Brussels (1995) proposed the section at Pueblo (USA) as stratotype of the C–T boundary (Bengtson,

1996) although this section is not located in the paleobiogeographic domain where the stage stratotypes were defined. The Cassis section does not show this inconvenience and precise correlations may be plotted with the stratotypic regions (Rat, 1978). A critical comparison with the section at Pueblo shows that the section at Cassis has some other advantages, such as the dilatation of the section (160 m between the base of the Juddii zone and the base of the *Nodosoides* zone, at Cassis) and the lateral correlation to carbonate formations with rudists (Philip, 1970; Jolet, 1996).

All former reasons yield support to propose the Cassis section as a European hypostratotype for the C-T boundary.

Conclusion

The Cassis sequence allows the establishment of an integrated biozonation of the C-T boundary by means of ammonite, inoceramid and planktonic foraminifera data. Correlations can be established with European, African and American basins. Finally, the Cassis section may be proposed as a European hypostratotype of the C-T boundary and it would appear worthwhile to carry out complementary studies on this section in order to obtain a more accurate comparison with the American stratotype.

RÉFÉRENCES

- Babinot J.-F., Fabre-Taxy S., Phillip J. et Tronchetti G. 1972. Ammonites, rudistes et microfaunes du Cénomanién et du Turonien provençal. Essai de corrélations biostratigraphiques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 274, série D, 3080-3083
- Bengtson P. (coordonnateur) 1996. The Turonian stage and substage boundaries. *Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg.*, 66 (suppl.), 69-79
- Birkelund T., Hancock J.M., Hart M.B., Rawson P.F., Remane J., Robaszynski F., Schmid F. et Surlyk F. 1984. Cretaceous stage boundaries - Proposals. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 33, 3-20
- Elder W.P. 1991. *Mytiloides hattini* n. sp.: A guide fossil for the base of the Turonian in the Western Interior of North America. *J. Paleontol.*, 65, 2, 234-241
- Fabre S. 1940. Le Crétacé supérieur de la Basse Provence occidentale. *Thèse*, Faculté des sciences de Marseille, 21, 355 p
- Haries P.J. et Kauffman E.G. 1990. Patterns of survival and recovery following the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) mass extinction in the Western Interior Basin, United. In: Kauffman E.G. et Walliser O.H. (eds), *Extinction events in earth history*, Berlin, Springer-Verlag, Lecture notes in earth history, 30, 277-298
- Haries P.J., Kauffman E.G., Crampton J.S., Bengtson P., Cech S., Crame J.A., Dhondt A.V., Ernst G., Hillbrecht H., López G., Mortimore R., Tröger K.A., Walaszczyk I. et Wood C.J. 1996. Lower Turonian Euramerican Inoceramidae: a morphologic, taxonomic, and biostratigraphic overview. In: Spaeth C. (ed), *Proceedings of the 4th International Cretaceous Symposium, Hamburg 1992*. *Mitteilungen aus dem Geologisch-paläontologischen Institut der Universität Hamburg*, 77, 641-671
- Hessel M.H.R. 1988. Lower Turonian Inoceramids from Sergipe, Brazil: systematics, stratigraphy and palaeoecology. *Fossils Strata*, 22, 1-49
- Jolet P. 1996. Étude stratigraphique et sédimentologique d'une plate-forme mixte carbonatée-silicoclastique: le Turonien de Provence (S.E. France). *Thèse 3^e cycle*, Univ. Provence, 221 p., en dépôt à la Soc. géol. France (Paris)
- López G. 1994. Biostratigrafía de los Inocerámidos (Bivalvia) de la Cuenca Navarro-Cántabra y de la Plataforma Norcastellana. Comparación con zonaciones de otras áreas de Europa. *Cuadernos Geol. Ibérica*, 18, 309-336
- Phillip J. 1970. Les formations calcaires à rudistes du Crétacé supérieur provençal et rhodanien. *Thèse Sc. Univ. Marseille*, 433 p., en dépôt à la Soc. géol. France (Paris)
- Phillip J. 1978. Stratigraphie et paléocologie des formations à rudistes du Cénomanién: l'exemple de la Provence. *Géol. Méditerran.*, V, 1, 155-168
- Rat P. (coordonnateur), 1978. La France au Cénomanién: schémas paléogéographiques. *Géol. Méditerran.*, V, 1, 207-213
- Robaszynski F. 1983. Conclusions to the Colloquium on the Turonian stage: integrated biostratigraphic charts and facies maps (France and adjacent areas). *Zitteliana*, 10, 585-594
- Robaszynski F. et Caron M. 1995. Foraminifères planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. *Bull. Soc. géol. France*, 166, 6, 681-692
- Tronchetti G. 1981. Les Foraminifères crétacés de Provence (Aptien-Santonien). *Systématique, biostratigraphie, paléocologie, paléogéographie*. *Thèse Sc. Univ. Marseille*, 559 p., en dépôt à la Soc. géol. France (Paris)
- Voigt S. 1995. Palaeobiogeography of early Late Cretaceous inoceramids in the context of a new global palaeogeography. *Cretaceous Res.*, 16, 343-356