Géologie Alpine, 1992, t. 68 , pp. 13-56

LE CADRE STRATIGRAPHIQUE DU VALANGINIEN SUPÉRIEUR ET DE L'HAUTERIVIEN DU SUD-EST DE LA FRANCE : DÉFINITION DES BIOCHRONOZONES ET CARACTÉRISATION DE NOUVEAUX BIOHORIZONS

Luc G. BULOT [1, 2], Jean-Pierre THIEULOY [2], Eric BLANC [2, 3]
et Jaap KLEIN [4]

RÉSUMÉ - L'objet de ce travail est l'élaboration d'une échelle biochronostratigraphique standard pour le Valanginien supérieur et l'Hauterivien du Sud-Est de la France. Pour chacune des zones reconnues, une coupe de référence est désignée et sa base fixée formellement par un "Golden Spike". La lithologie et le contenu faunique de chacune des successions étudiées sont décrits dans le texte et présentés sous forme de tableaux. Enfin, les rapports entre les zonéographies proposées dans la littérature récente et l'échelle biochronostratigraphique établie ici sont analysés et discutés.

MOTS CLÉS - Biochronostratigraphie, Bassin vocontien, Crétacé, Valanginien, Hauterivien, Ammonites, corrélations.

THE STRATIGRAPHIC FRAME OF THE LATE VALANGINIAN AND HAUTERIVIAN OF SOUTH-EAST FRANCE : DEFINITION OF THE AMMONITE BIOCHRONOZONES AND RECOGNITION OF NEW BIOHORIZONS

EXTENDED ENGLISH ABSTRACT - Cretaceous stratigraphers may find very confusing that despite intensive investigations in many parts of the Mediterranean Tethys, we had to wait more than 25 years to reach consensus on a standard zonation (Hoedemaecker and Bulot, 1990 and Hoedemaecker and Company, 1993). Even more stressing are the differences in interpretation of stage boundaries despite IUGS recommendations of Copenhagen Symposium (Birkelund *et al.*, 1984). In fact, outstanding problems in Lower Cretaceous ammonite biostratigraphy are related to three different causes that originate in methodology failure :

- almost none of the zones currently used are defined as recommended by the International stratigraphic guide (Hedberg, 1976), and this situation limits the correlation value of such units,
- full taxonomic revision of many index species is badly needed and misidentifications often lead to misunderstanding in correlating biostratigraphic units (example *in* Bulot *et al.*, 1993),
- implications of the differences between shelf and basin ammonite association have been overlooked in many case and therefore the stratigraphic potential of many species and/or association have been undervalued (example *in* Bulot, 1992).

To exemplify those problems let's have a look to the current Valanginian-Hauterivian zonal scheme in South-East France. Until now :

- only two of the 13 zones of the ammonite scale (Callidiscus and Radiatus zones) are defined after a type section (Thieuloy, 1977) and therefore can really stand as biochronozones,
- some of the index-species still await full revision *(Lyticoceras nodosoplicatum, Cruasiceras cruasense, Subsaynella sayni, Balearites balearis* and *Pseudothurmania angulicostata)*, while in many case the intraspecific variation of the Valanginian index *(i.e. Thurmanniceras* and *Busnardoites)* is still poorly known,
- very little attention was paid to relationship between ammonite assemblages and facies until recently, with exception of the *Olcostephaninae* and some *Neocomitidae* (Bulot, 1990 and 1993).

---

1 - Laboratoire de Géologie, MNHN, 43 rue Buffon, 75005 Paris, France
2 - Institut Dolomieu, 15 rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble Cédex, France.
3 - Institut de Géologie, Université de Neuchâtel, 11 rue Emile Argand, 2007 Neuchâtel, Suisse.
4 - Demmerik 12, 3645 EC Vinkeveen, Pays-Bas.

The situation is even worth for the Barremian and Aptian stages and many stratigraphers, not aware of such problems, are often mislead by such imprecisions in the biostratigraphical record. Back in July 1990 and June 1992, the Lower Cretaceous Cephalopod Working Group of IGCP 262 was aware of those problems and decided to produce a special volume to clarify the gaps in our knowledge of Lower Cretaceous ammonite successions (Géologie alpine, special volume, L. Bulot, editor). The aim of our present contribution is to present the latest developments in Valanginian-Hauterivian ammonite biostratigraphy in South-East France as an example of what, up to us, should be the methodological guide line of biochronostratigraphic work in the future. This fully refined ammonite scale has already been presented at several international geological conferences between May and December 1992 (Bulot *et al.*, 1992; Bulot et Thieuloy *in* Hoedemaecker et Company, 1993 and Bulot, 1992a). We wish now to provide the detailed discussion of our conclusions that have already be published elsewhere (Bulot et Thieuloy, 1993, in press).

We do not intend to consider this zonal scheme as a standard sale for the Upper Valanginian and Hauterivian of the Mediterranean region, even if most of it was retained as workable at a more global scale (Hoedemaecker et Bulot, 1990 and Hoedemaecker et Company, 1993). All zones presented here are biochronozones (*sensu* Callomon, 1985). There are defined by the first appearance of their index-species (FAD) and characterized by their assemblage. Subzones will not appear herein, as we preferred to use biochronohorizons (*sensu* Dommergues, 1989 and Page, 1992). Their are defined by their assemblage. Each biostratigraphical unit define in this paper will be presented and discussed as follows :

- authors,
- index species,
- evolution of status and range in the literature,
- designation and description of a type-section,
- taxonomic concept of the index species,
- reliability of the index species
- characteristic ammonite association,
- correlation potential and problems.

The reader should be aware that the type-sections designated herein are not considered as stratotypes but as key-sections that exemplify the ammonite assemblages and successions. This full revision of the Upper Valanginian to Hauterivian French zonal scheme leads to the following conclusions :

- the Late Valanginian and Early Hauterivian biozones formerly introduced in the literature (*verrucosum* to *nodosoplicatum* zones) are now considered as biochronozones (Verrucosum to Nodosoplicatum Zones) that have proved to work over the Vocontian Basin.
- the Late Hauterivian zonal scheme has been entirely refine and the Sayni, Ligatus and Balearis Zones presented herein do not correspond to the *sayni, ligatus* and *balearis* biozones of the literature (Thieuloy, 1977a and Busnardo, 1984)

Moreover, over the last years improvement to the resolution of the Upper Valanginian-Hauterivian ammonite scale was made possible by the introduction of fourteen biohorizons (Bulot, 1990; Thieuloy *et al.*, 1990; Bulot et Thieuloy *in* Bulot *et al.*, 1992; Reboulet *et al.*, 1992; Bulot, 1993 et Bulot et Thieuloy *in* Hoedemaecker et Company, 1993). After establishing the range of the successive associations, only eleven have proved to be workable :

- three in the Verrucosum Zone (*S. verrucosum, K. pronecostatum* and *V. peregrinus* horizons),
- two in the Trinodosum Zone (*O. (O.) nicklesi* and *C. furcillata* horizons),
- one in the Callidiscus Zone (*N. (T.) callidiscus* horizon),
- two in the Radiatus Zone (*B. castellanensis* and *L. buxtorfi* horizons),
- two in the Loryi Zone (*C. loryi* and *O. (J.) jeannoti* horizon),
- one in the Nodosoplicatum Zone (*O. (O.) variegatus* horizon).
- while the *cruasense* horizon formerly introduced as the Early Hauterivian topmost biohorizon by Thieuloy (1977a) , is now included at the base of the Sayni Zone.

The three remaining biohorizons should not be maintained because :

- all species that characterize *N. (T.) pachydicranus* var. A assemblage of Reboulet *et al.* (1992) have already appeared in the underlying *C. furcillata* assemblage.
- the *N. (T.) flucticulus* assemblage of Bulot (1990) is almost impossible to distinguish from the overlying *B. castellanensis* horizon without extensive collection.
- the *N. (T.) pachydicranus* horizon of Reboulet *et al.* (1992) is an equivalent of the *N. (T.) flucticulus* assemblage, and therefore cannot be maintained.

The revision of the Valanginian-Hauterivian biochronostratigraphic scheme leads to reconsideration of the two-fold chronostratigraphic division of the Valanginian, as well as the position of the boundary between the Early and Late Hauterivian. The analysis of the ammonite distribution from the Late Berriasian to the Late Valanginian shows a four steps evolution of the assemblages :

- From the *callisto* zone to the upper *otopeta* zone: appearance of Valanginian taxa within associations dominated by Berriasian genus (*Tirnovella* and close allies).
- From the top *otopeta* zone to the middle *campylotoxus* zone: extinction of the Berriasian species followed by the adaptative radiation of the Valanginian genus which appeared earlier.
- From the upper *campylotoxus* zone to the top Verrucosum Zone : extinction of Early Valanginian genus followed by a major "Middle Valanginian" faunal renewal characterized by the abundance of *Karakaschiceras* and related genus.
- From the top Verrucosum zone to the top Callidiscus Zone : extinction of the "Middle Valanginian" forms combined with a rapid Upper Valanginian faunal turnover introducing the basal Hauterivian fauna. This assemblage is characterized by numerous

Teschenites and *Eleniceras*.

In order to correlate biological events (faunal turnover, migrations, ...) with chronostratigraphic subdivisions, the successive faunal turnover suggest that the current definitions of the Valanginian should be modified as follows :

- By drawing the Berriasian-Valanginian boundary at the base of the *pertransiens* biozone.
- By introducing a three-fold division of the stage in Superzones with the base of each of them being defined by a faunal turnover.

So far, the three-fold division of the Valanginian cannot be formally defined because the base of the "Middle Valanginian" turn-over does not correspond to any of the current biozone limits. Until the formal revision of the *campylotoxus* zone, the subdivision of the Valanginian proposed herein only reflects the evolution of the ammonite faunas. However, as proposed in a former publication (Bulot *et al.*, 1993), the Berriasian-Valanginian boundary is informally placed at the base of the *pertransiens* biozone.

From our consideration of the Hauterivian, it is obvious that the discovery of *Subsaynella sayni* associated with *Cruasiceras cruasense* leads to a lowering of the boundary between the Early and Late Hauterivian in the chronostratigraphical time scale

Key words - Biochronostratigraphy, Vocontian basin, Cretaceous, Valanginian, Hauterivian, Ammonites, correlations.

1. Introduction

Depuis près de 30 ans, le Bassin vocontien et ses dépendances ont été le lieu de l'élaboration d'une biostratigraphie détaillée du Crétacé inférieur reposant sur les ammonites. Il semblait que le début des années quatre-vingts avait sonné le glas de ce type d'études et que le degré de définition atteint par la biostratigraphie était arrivé à un niveau difficilement perfectible (Busnardo, 1984).

Cependant, les besoins des corrélations inter-régionales et le développement de la stratigraphie séquentielle ont mis en évidence les limites et les lacunes des zonations précédemment établies (Hoedemaeker et Bulot, 1990; Hancock, 1990; Hoedemaeker et Company, 1993). C'est dans le contexte du projet n° 262 PICG, des travaux de la sous-commission de stratigraphie de l'IUGS et de l'élaboration du cadre biochronostratigraphique du projet "Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins" que nous avons été conduits à reprendre l'étude des séries valanginiennes et hauteriviennes du Sud-Est de la France. Cet article est la synthèse de nos travaux de stratigraphie dans le SE de la France depuis 1989. Les résultats et les conclusions que nous présentons ici reposent sur l'analyse biostratigraphique de plus de 60 coupes situées tant dans les faciès alternants du centre du Bassin vocontien que dans les séries hémipélagiques de ses bordures.

L'étude paléontologique détaillée de ces coupes repose sur plusieurs milliers de spécimens et fera l'objet d'un article accompagné d'une abondante iconographie, qui sera publié ultérieurement dans un mémoire spécial de Géologie alpine consacré aux successions d'ammonites du Crétacé inférieur méditerranéen (PICG 262 : Corrélations du Crétacé de la Téthys). Néanmoins, le lecteur trouvera dans le présent volume une note concernant quelques formes nouvelles dont l'intérêt stratigraphique est souligné dans le présent article. Les différentes collectes ont été intégrées en un seul ensemble déposé dans les collections de l'Université de Grenoble.

2. Hiérarchisation des unités stratigraphiques utilisées

2.1. Les zonations "classiques"

Les stratigraphes, non ammonitologues, sont le plus souvent surpris de constater qu'il ait fallu plus de 25 ans (1963-1990) pour aboutir à un consensus autour de l'utilisation d'une zonation standard du Crétacé de la Téthys méditerranéenne. De même, les différences majeures, selon les auteurs, quant à la position des limites d'étages, en dépit des recommandations de l'IUGS lors du Symposium de Copenhague (Birkelund *et al.*, 1984), leur semblent encore bien plus incompréhensibles.

En fait dans le domaine de la biostratigraphie du Crétacé, la plupart des désaccords et des problèmes en suspens sont directement liés à trois causes de nature méthodologique :

a) la plupart des biozones d'ammonites utilisées n'ont fait l'objet d'aucune définition formelle selon les règles de procédure contenues dans le Guide stratigraphique international (Hedberg, 1976), ce qui a limité leur potentiel de corrélation;

b) la majorité des espèces-index retenues n'a pas fait l'objet de révision taxonomique moderne, ce qui a engendré dans de nombreux cas des erreurs

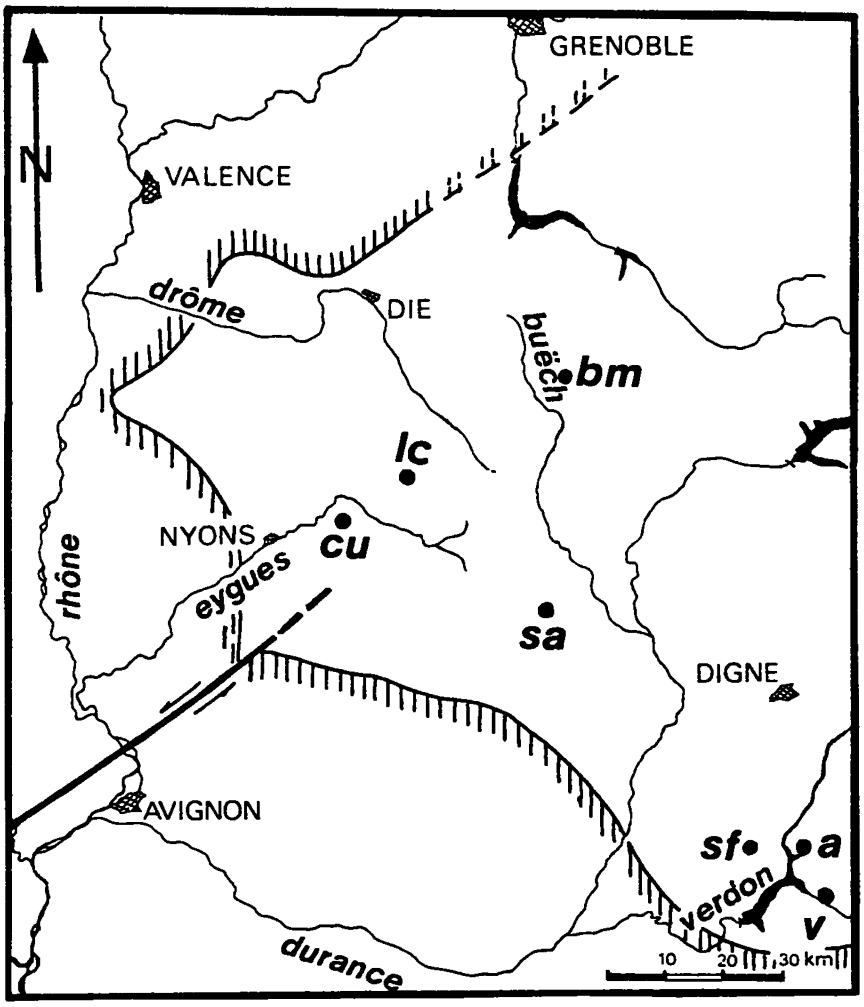


FIG. 1. - Localisation des principales coupes de référence présentées dans cette étude. *lc* : La Charce (Drôme), *cu* : Cumier (Drôme), *bm* : Baumugne (Hautes-Alpes), *sa* : Salérans (Hautes-Alpes), *a* : Angles (Alpes de Haute-Provence), *sf* : Saint-Firmin (Alpes de Haute-Provence), *v* : Vergons (Alpes de Haute-Provence). La ligne renforcée de hachures représente les limites N, W et S du Bassin vocontien.

d'interprétation (exemple *in* Bulot *et al.*, 1993);

c) la relation entre les faunes d'ammonites et le faciès n'a été que rarement étudiée, ce qui a conduit à sous-estimer la valeur de certaines espèces et/ou associations du point de vue stratigraphique (exemple *in* Bulot, 1991).

Un très bon exemple de cet état de fait est fourni par les zonations classiques du Valanginien et l'Hauterivien du Sud-Est de la France (Thieuloy, 1977a et Busnardo, 1984). Dans ces schémas :

a) seules deux zones d'ammonites (Zones à Callidiscus et à Radiatus) ont été définies à partir d'une coupe type (Thieuloy, 1977) et peuvent donc prétendre à un statut de biochronozone;

b) parmi les espèces-index; *Lyticoceras nodosoplicatum, Cruasiceras cruasense, Subsaynella sayni, Balearites balearis* et *Pseudothurmannia angulicostata* n'ont fait l'objet d'aucune révision taxonomique, tandis que la variabilité intraspécifique des espèces types du Valanginien inférieur *(Thurmanniceras et Busnardoites)* est très mal connue;

c) aucune étude exhaustive des variations du contenu des associations en fonction du faciès n'est disponible, mis à part pour les *Olcostephaninae* et certains *Neocomitidae* (Bulot, 1990 et 1993).

La situation est encore pire pour les étages Barrémien et Aptien, où à ce jour aucune unité n'a été clairement définie hormis dans les récents travaux de Delanoy (1990 et 1990a). Ce sont ces imprécisions qui handicapent énormément les travaux de corrélations, comme l'ont déjà souligné Hancock (1990) et Arnaud-Vanneau et Arnaud (1991). Aux mois de Juillet 1990 et 1992, le "Lower Cretaceous Cephalopod Working Group" du Projet PICG 262 a décidé de pallier à ces lacunes en réalisant un volume spécial présentant les successions d'ammonites du Crétacé inférieur méditerranéen (*Géologie alpine*, mémoire spécial, L. Bulot, éditeur).

2.2. Statut de la nouvelle zonation proposée

Dans l'immédiat, ce schéma zonal doit être considéré comme valable uniquement pour le Sud-Est de la France, même si la zonation standard de la Téthys méditerranéenne s'en inspire fortement (Hoedemaeker et Bulot, 1990 et Hoedemaeker et Company, 1993). Notre zonéographie est le prolongement logique des "zonations classiques" du Sud-Est de la France (Thieuloy, 1977a; Busnardo et Thieuloy, 1979; Busnardo, 1984) et son originalité réside dans la définition formelle des unités biochronostratigraphiques qui la constituent. Il peut par contre être considéré comme un cadre chronostratigraphique standard pour le Sud-Est de la France ("parallel standard chronostratigraphic scale" *in* Callomon, 1985).

Les modifications que nous avons apportées aux échelles biostratigraphiques "classiques" ont déjà été présentées au cours de plusieurs conférences internationales : Platform-margins, Chichilianne, Mai 1992 (Bulot *et al.*, 1992); Cephalopod Working Group PICG 262, Mula, Juillet 1992 (Bulot et Thieuloy *in* Hoedemaeker et Company, 1993) et Réunion "Alternances" SGF-ASF, Décembre 1992 (Bulot, 1992). Parallèlement, la présentation formelle de cette

	THIEULOY 1977	BUSNARDO 1984	HOEDEMAECKER & BULOT 1991	BULOT & THIEULOY 1991, 1992 et ce travail	REBOULET & *al.* 1992
HAUTERIVIEN SUPÉRIEUR	ANGULICOSTATA	ANGULICOSTATA	ANGULICOSTATA *auct.*	ANGULICOSTATA *auct.*	NON ETUDIE
	LIGATUS *sensu* Moullade & Thieuloy 1967	BALEARIS	BALEARIS	BALEARIS	
			Unnamed association	LIGATUS *sensu* Bulot & Thieuloy 1992	
	SAYNI	SAYNI	SAYNI	SAYNI	
HAUTERIVIEN INFÉRIEUR	NODOSOPLICATUM: Cruasense	CRUASENSE	NODOSOPLICATUM: Cruasense	*C. cruasense*	
	NODOSOPLICATUM	NODOSOPLICATUM	NODOSOPLICATUM: Nodosoplicatum	NODOSOPLICATUM: *O. variegatus*	
	JEANNOTI	LORYI	LORYI: Jeannoti	LORYI: *J. jeannoti*	
	LORYI		LORYI: Loryi	LORYI: *C. loryi*	
	RADIATUS	RADIATUS	RADIATUS	RADIATUS: *L buxtorfi*; *B. castellanensis*	RADIATUS
VALANGINIEN SUPÉRIEUR	CALLIDISCUS	CALLIDISCUS	CALLIDISCUS	CALLI-DISCUS: *T. callidiscus*	CAL.: *T. pachydicranus*; *T. callidiscus*
	TRINODOSUM	TRINODOSUM	TRINODOSUM: Furcillata	*C. furcillata*	TRINODOSUM: *T. pachydicranus* var. A; *C. furcillata*
			TRINODOSUM: Nicklesi	*O. nicklesi*	*O. nicklesi*
	VERRUCOSUM	VERRUCOSUM	VERRUCOSUM	*V. peregrinus*	VERRUCOSUM: *V. peregrinus*
				K. pronecostatum	*K. pronecostatum*
				S. verrucosum	*S. verrucosum*

TABL. I. - Corrélations entre les biozonéographies antérieurement utilisées pour le Valanginien supérieur et l'Hauterivien du Sud-Est de la France et les zones biochronostratigraphiques redéfinies ou introduites dans cet article.

zonation, limitée à ses grandes lignes, a fait l'objet d'une note synthétique soumise à l'Académie des Sciences (Bulot et Thieuloy, 1993, sous-presse).

2.3. Statut des zones utilisées

Rappelons à ce propos que les biozones et les chronozones sont des entités très différentes. En effet, bien que la chronozone soit personnalisée par une espèce-index, le plus souvent choisie pour son abondance, il n'est pas nécessaire que l'index soit confiné à la chronozone, ni que sa distribution couvre l'intégralité de la chronozone. De même, il n'est pas indispensable que le marqueur soit présent pour identifier la chronozone. En fait, la seule fonction de l'index est de nommer la chronozone correspondante et les unités chronostratigraphiques doivent être

objectivement définies en fixant leurs limites inférieure et supérieure par des "clous d'or" (Golden-Spikes) sur des coupes de référence. A la différence des chronozones, les biozones peuvent être de différentes natures (biozones d'apparition, biozones d'extension, biozones d'association, Oppel-zones, ...) qui laissent une plus grande latitude au stratigraphe quant à leur utilisation. L'ensemble des zones reconnues dans cette étude sont des biochronozones (*sensu* Callomon, 1985). Elles sont définies par la première apparition de leur espèce-index et caractérisées par leur association faunique (recommandations PICG 262 *in* Hoedemaeker et Bulot, 1990).

D'un point de vue pratique, nous avons adopté la nomenclature proposée par Callomon (1985) pour distinguer biozones et chronozones :

- lettres minuscules et italiques pour les unités biostratigraphiques (zone à *callidiscus*),
- lettres majuscules et romaines pour les unités chronostratigraphiques (Zone à Callidiscus).

Chacune des zones redéfinies dans cette étude sera présentée et discutée de la manière suivante :

- auteurs,
- espèce-index,
- historique de l'évolution du statut et de l'extension verticale de la zone,
- désignation et description d'une coupe de référence,
- association caractérisant la zone,
- potentiel et problèmes de corrélation,
- subdivisions.

Nous signalons au lecteur que les coupes de référence désignées dans cet article n'ont pas valeur de stratotype. La désignation d'une "succession-type" ("type section") n'a pour but que de servir de support à l'individualisation des clous d'or ("Golden-Spikes") qui marquent les limites chronostratigraphiques ("time planes") des biochronozones.

La notion de sous-zone ne sera pas utilisée dans ce travail, car nous considérons que la validité de cette unité biostratigraphique est liée à sa reconnaissance à l'échelle de plusieurs bassins sédimentaires. Nous avons donc préféré subdiviser nos zones en biohorizons.

2.4. Les biohorizons

La comparaison des successions de bassin et de bordure de plate-forme nous a montré que plusieurs horizons ne pouvaient être identifiés avec certitude que dans l' un de ces faciès. Les biohorizons reconnus ici ne sont pas des unités biostratigraphiques aussi formelles que les sous-zones et les zones. Ils sont définis à partir d'une association issue d'un renouvellement de faune et par l'acmé d'un taxon qui est retenu comme "espèce-index". Cette approche des biohorizons est celle utilisée pour le Jurassique par de nombreux biostratigraphes ("faunal horizons" *in* Callomon, 1964, biohorizons *in* Callomon, 1985; Dommergues, 1987 et Page, 1992).

Chacun des horizons définis dans cette étude sera présenté et discuté de la manière suivante :

- auteurs,
- espèce-index,
- évolution du statut et de l'extension verticale de l'unité stratigraphique,
- désignation d'une coupe de référence,
- variabilité intraspécifique admise pour l'espèce index,
- limite d'utilisation de l'espèce-index,
- association caractérisant le biohorizon,
- potentiel et problèmes de corrélation.

Les biohorizons sont des unités apparentées aux biozones. Leur extension verticale dans les coupes de référence sera donnée à titre indicatif et peut être sujette à des modifications ultérieures. Néanmoins, les biohorizons ainsi définis sont potentiellement susceptibles de devenir des sous-zones chronostratigraphiques après évaluation de leur potentiel de corrélation.

3. Choix des coupes

Les 60 coupes étudiées se répartissent tant dans les séries pélagiques du centre du Bassin vocontien et dans les séries hémipélagiques de ses marges (Vercors principalement) que dans les successions condensées des plates-formes péri-vocontiennes (Plates-formes nord-provençale et jurassienne). Compte-tenu des impératifs chronostratigraphiques de cette étude, nous avons été amené à sélectionner un ensemble de coupes de référence prises dans les faciès alternants de bassin, offrant potentiellement les successions les plus continues. Notre choix s'est porté en priorité sur la localité de La Charce (Drôme, France) pour trois raisons principales :

- cette coupe, particulièrement fossilifère, a été proposé par l'un d'entre nous (Thieuloy, 1977) comme stratotype potentiel de la limite Valanginien-Hauterivien;
- un inventaire partiel de sa faune a déjà été publié (Thieuloy, 1977; Bulot, 1990 et Reboulet *et al.*, 1992);
- son rôle de série de référence a été accentué par plusieurs publications récentes (Ferry, 1991; Magniez-Janin, 1991 et Reboulet *et al.*, 1992).

La succession de La Charce que nous décrivons ici est celle du Serre de l'Ane (fig. 2), déjà présentée par Moullade (1966) et Thieuloy (1977), et la correspondance entre la numérotation utilisée et les numérotations antérieures est disponible auprès des auteurs.

De plus, nous avons revu le profil composite présenté par l'équipe de S. Ferry (Reboulet, 1991; Ferry, 1991; Magniez-Janin, 1991 et Reboulet *et al.*, 1992). Les coupes qui ont servi à l'élaborer sont aisément repérables sur le terrain (numérotation verte)

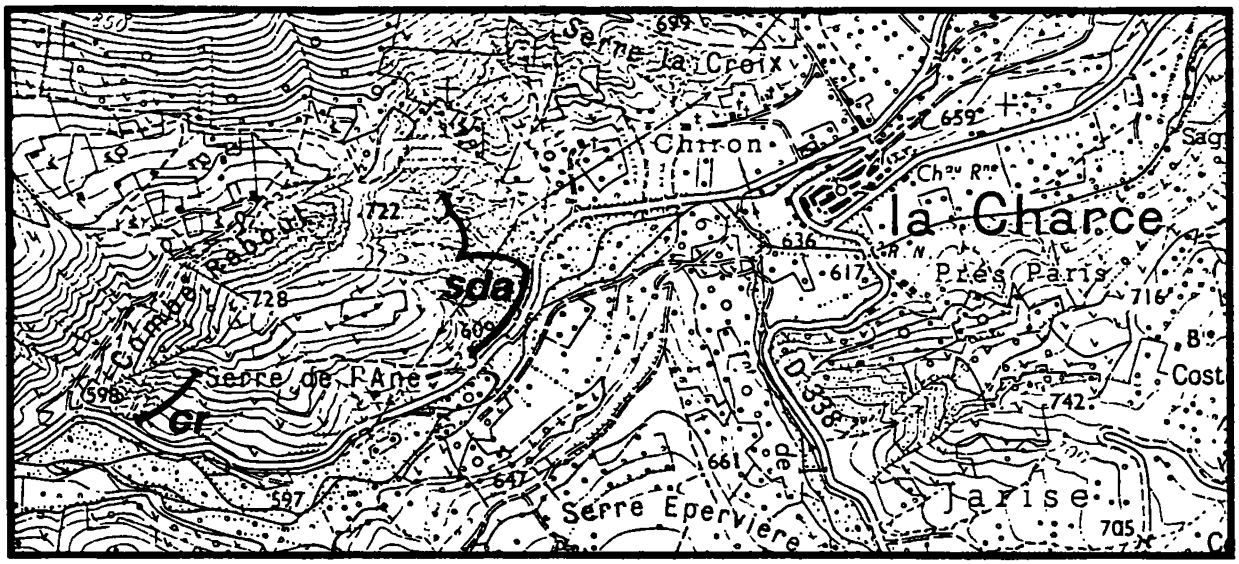


FIG. 2. - Situation des coupes de La Charce (*sda* : Serre de l'Ane, *cr* : Combe Reboul). 1/20.000.

et se répartissent en deux ensembles : flancs Est et Ouest du quartier des Fournas (sommet de la zone à *campylotoxus* à base de la Zone à Radiatus) et bordure Est du Serre de l'Ane (sommet de la Zone à Trinodosum à base de la Zone à Loryi). La corrélation entre les différentes coupes levées sur un secteur de 4 km^2, a révélé l'existence de différences lithologiques significatives au sein des Zones à Verrucosum et Trinodosum : morphologie du toit des turbidites slumpées à la base de la zone à Verrucosum, épaississement de la partie marneuse de l'horizon à *K. pronecostatum* et présence locale de petites passées turbiditiques dans les horizons à *V. peregrinus* et *O. (O.) nicklesi*. Ces variations latérales s'estompent à partir de l'horizon à *C. furcillata*.

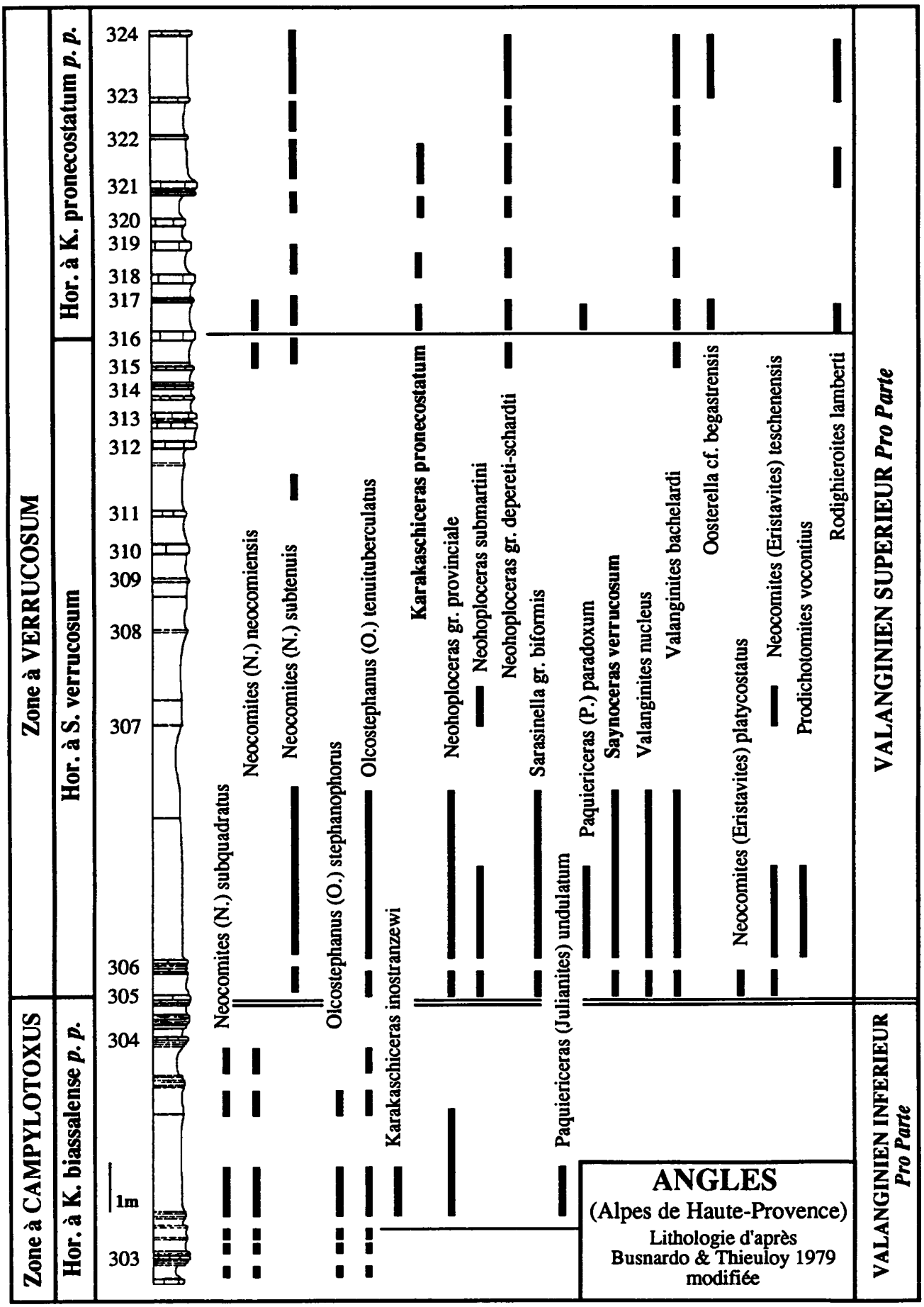
Nous adjoignons à cette étude la coupe de la Combe Reboul pour l'Hauterivien supérieur. Bien que sa base ne soit pas en continuité avec les niveaux sommitaux du Serre de l'Ane, les deux coupes sont aisément corrélables au banc près et les écarts d'épaisseur entre les deux logs sont en grande partie dûs aux différences de pendage entre les deux successions. La série s'achève par un important niveau slumpé qui affecte les couches à *Pseudothurmannia* et le passage Hauterivien-Barrémien. Nous nous sommes donc limité à l'étude des faunes de l'Hauterivien supérieur qui précèdent l'apparition des *Pseudothurmannia*. Indépendamment de ce slump, les coupes de la Charce sont affectées par trois autres niveaux de remaniements gravitaires qui limitent leur valeur biochronostratigraphique : turbidites distales slumpées au passage Valanginien inférieur-Valanginien supérieur et slumps calcaires dans l'Hauterivien inférieur.

Pour pallier à ces inconvénients, nous avons été amené à choisir des coupes complémentaires. Il s'agit des coupes d'Angles (hypostratotype du Valanginien mésogéen) et de Salérans qui permettent de compléter harmonieusement la série de "Golden-Spikes" proposés dans cet article. Afin de mieux documenter les bio-horizons de la Zone à Verrucosum, nous avons aussi choisi de présenter les coupes de Baumugne (Hautes-Alpes), de Moriez,Saint-Firmin (Alpes de Haute-Provence) et de Curnier (Drôme) pour compléter la série de référence.

Les unités stratigraphiques ainsi redéfinies sont établies à partir des sept coupes-types présentées ici et ont été contrôlées sur l'ensemble du Sud-Est de la France, tant en domaine de bassin qu'en bordure de plate-forme (Thieuloy, 1977; Busnardo et Thieuloy, 1979; Autran, 1989; Bulot, 1990; Thieuloy *et al.*, 1990; Bulot, 1992; Arnaud et Bulot, 1992; Bulot *et al.*, 1992 et données inédites).

4. DÉFINITION ET CARACTÉRISATION DES BIOCHRONOZONES (FIG. 1-6, TABLEAUX I-XV)

Seules les références bibliographiques dans lesquelles les conceptions récentes des unités biostratigraphiques sont discutées seront mentionnées dans le texte. Le lecteur intéressé par l'historique détaillé du Valanginien et de l'Hauterivien trouvera des tableaux synthétisant l'évolution de la biozonation vocontienne dans Moullade et Thieuloy (1967), Thieuloy (1973), Thieuloy (1977) et Busnardo et Thieuloy (1979). La corrélation entre les zones biochronostratigraphiques redéfinies ou introduites dans cet article et les zonéographies du Sud-Est de la France (Thieuloy, 1977a, Busnardo, 1984 et Reboulet *et al.*, 1992) et la zonation standard méditerranéenne



TABL. II. - Répartition stratigraphique des principales espèces récoltées dans la coupe d'Angles (Les Baoussayes, cf. fig. 3); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

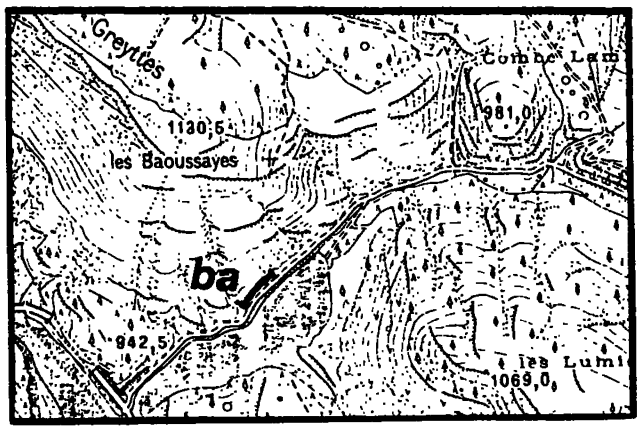


FIG. 3. - Situation de la coupe d'Angles (*ba* : Les Baoussayes). 1/20.000.

(Hoedemaeker et Bulot, 1990) est donnée dans le tableau I. La répartition stratigraphique des principales formes étudiées est donnée dans les tableaux IX et X.

4.1. Valanginien supérieur

4.1.1. Zone à Verrucosum

Auteur : Lory, 1898

Espèce-index : *Saynoceras verrucosum* (d'ORBIGNY, 1841)

Historique : Depuis sa création, la zone à *verrucosum* a fait l'objet de nombreuses émendations. Dans l'esprit des auteurs de la fin du XIXème siècle et du début du XXème siècle, cette unité était probablement à valeur biochronostratigraphique et incluait le sommet du Valanginien inférieur (zone à *campylotoxus pro parte*) et l'intégralité du Valanginien supérieur. Son amplitude a été singulièrement réduite depuis le Colloque sur le Crétacé inférieur de Lyon, 1963. Son acception actuelle en tant que biozone, couvre l'intervalle compris entre la première apparition de son espèce-index et la première apparition d'*Himantoceras trinodosum* (Busnardo et Thieuloy, 1979 et Bulot et Thieuloy, 1993).

Coupe de référence : C'est dans l'hypostratotype d'Angles (coupe *in* Busnardo et Thieuloy, 1979) que **nous plaçons le "Golden-Spike" de la Zone à Verrucosum à la base du banc 305** (tableau II). Malgré sa relative pauvreté en faunes, la succession d'Angles illustre bien les ruptures de rythmes dans l'alternance marno-calcaire, qui caractérisent la Zone à Verrucosum à l'échelle du Bassin vocontien.

La série débute par une importante passée marneuse superposée à un faisceau de quatre bancs qui marquent la limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur (faisceau **T** = tétrade *in* Thieuloy, 1977a), puis elle montre deux autres passées marneuses de moindre importance, intercalées entre deux faisceaux de 8-10 bancs marno-calcaires (faisceau **P** = bancs 312 à 320 et faisceau **V** = bancs 327 à 345 *in* Busnardo et Thieuloy, 1979). C'est un de ces faisceaux ("faisceau du Toulourenc") qui a servi de base aux corrélations lithologiques entre les différentes séries alternantes du Valanginien vocontien (Cotillon *et al.*, 1980). Nous confirmons ici la potentialité de ce type de corrélations sur la base de nos observations biostratigraphiques à savoir :

- sommet faisceau **T** : base de l'horizon à *S. verrucosum*,
- sommet faisceau **P** : base de l'horizon à *K. pronecostatum*,
- sommet faisceau **V** : base de l'horizon à *V. peregrinus*.

La coupe de Curnier (tableau III) donne un autre exemple de cette succession lithologique (faisceaux **T** = bancs 199-200, **P** = bancs 202-205 et **V** = bancs 206-211). Bien qu'affectée par des remaniements gravitaires à sa base, la coupe de la Charce (tableau VI) confirme le potentiel de corrélation du faisceau **V** (bancs 209-213).

Association caractéristique : Aux côtés de *S. verrucosum*, *Neohoploceras submartini*, *Neocomites (N.) subtenuis*, *N. (Eristavites) platycostatus*, *Valanginites bachelardi*, *V. nucleus* et *Olcostephanus (O.) tenuituberculatus* sont les formes les plus fréquentes de la Zone à Verrucosum. Le reste de la faune (*Karakaschiceras*, *Paquiericeras*, *Oosterella*, ...)

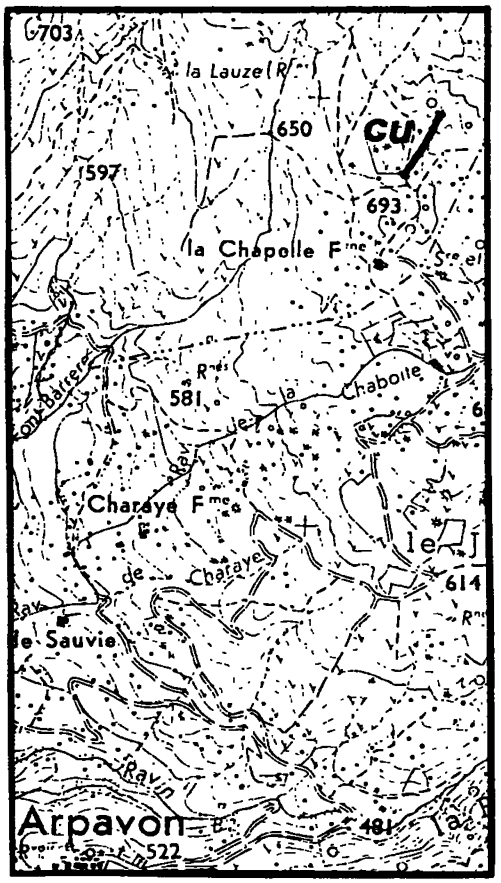
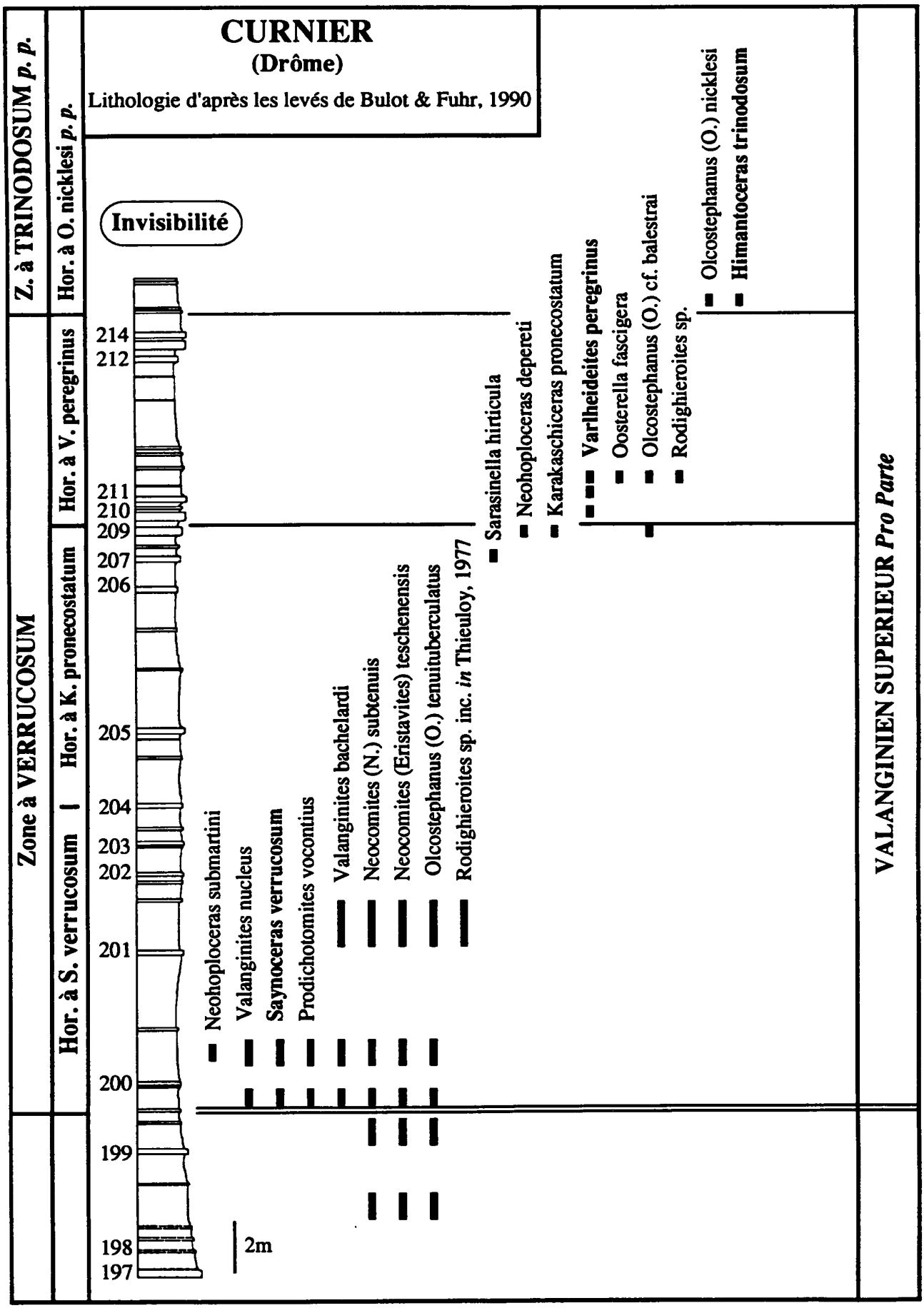


FIG. 4. - Situation de la coupe de Curnier (*cu*). 1/20.000.



TABL.III. - Répartition stratigraphique des principales espèces récoltées dans la coupe de Curnier (cf. fig. 4); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

sert de base à la caractérisation des bio-horizons et sera discutée plus loin. Les genres boréaux *Prodichotomites* et *Dichotomites* ne sont pas rares. En faciès de bassin, *Ptychophylloceras diphyllum*, *Protetragonites quadrisulcatus*, *Bochianites neocomiensis* et *Haploceras (Neolissoceras) grasianum* dominent très nettement dans les associations.

Potentiel et problèmes de corrélation : Ainsi redéfinie, la zone à Verrucosum ne pose pas de problèmes majeurs pour les corrélations au sein du Bassin vocontien en combinant les méthodes litho- et biostratigraphiques (Thieuloy, 1973). Cependant, la plupart des formes dont l'acmé caractérise la base de la Zone à Verrucosum sont déjà apparues dans le sommet de la biozone à *campylotoxus* (tableaux II-IV, 9). Cette observation a conduit Memmi (1981) et Company (1987) à souligner la difficulté d'individualiser avec certitude la base de la Zone à Verrucosum en l'absence de l'espèce-index, ainsi que Bulot et Thieuloy (1993) à reconsidérer la position de la limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur.

Par contre, la présence de nombreux éléments boréaux dans les coupes vocontiennes facilite énormement les corrélations avec la province Nord-Ouest Européenne, d'autant plus que les faunes téthysiennes ne sont pas rares dans cette partie du domaine boréal (Thieuloy, 1977a et Kemper *et al.*, 1981).

Subdivisions : La Zone à Verrucosum peut être subdivisée en trois biohorizons : horizons à *Saynoceras verrucosum*, à *Karakaschiceras pronecostatum* et à *Varlheideites peregrinus*. Ces trois associations successives ont été reconnues tant en faciès de bassin que de bordure de plate-forme.

BIOHORIZON A SAYNOCERAS VERRUCOSUM

Auteurs : Busnardo et Thieuloy, 1979

Espèce-index : *Saynoceras verrucosum* (d'ORBIGNY, 1841)

Historique : initialement introduit comme sous-zone de la biozone à *verrucosum*, cette unité a été ramenée à la valeur d'horizon par Bulot (1990, 1993) suite à la mise en évidence de "l'horizon de Baumugne" (= horizon à *K. pronecostatum*, ce travail). C'est dans ce sens que nous l'utilisons ici.

Coupe de référence : les coupes d'Angles et de Saint-Firmin (Alpes de Haute-Provence) montrent un remarquable développement de la faune de cet horizon et sont donc choisies comme coupes de référence.

Variabilité de l'index : *S. verrucosum* a fait récemment l'objet d'une révision par Bulot *et al.* (1990). Nous renvoyons le lecteur à cette étude paléontologique détaillée.

Limite d'utilisation de l'index : *S. verrucosum* n'est connu que dans la partie méridionale du Bassin vocontien et dans quelques coupes des plate-formes nord-provençale et jurassienne. En l'absence de l'index, l'acmé de *Valanginites bachelardi* et de *Neohoploceras submartini* caractérise l'horizon à *S. verrucosum*, bien que la répartition verticale de ces deux taxons monte jusqu'à la base de la Zone à Trinodosum. Plus rares, *Paquiericeras paradoxum*, *Saynoceras contestanum* et *Julianites undulatum*, connus depuis le sommet de la zone à *campylotoxus*, montrent néanmoins une distribution très similaire à celle de *S. verrucosum*.

En faciès de bordure de plate-forme, l'acmé d'*Olcostephanus (O.) guebhardi* morphotype *querolensis*, *Neocomites (Eristavites) platycostatus* et *Valanginites nucleus* permet de caractériser l'horizon à *S. verrucosum*, bien qu'aucun de ces taxons n'ait une extension verticale exactement identique à celle de l'index.

Potentiel et problèmes de corrélation : en ce qui concerne le Bassin du Sud-Est de la France et les plate-formes péri-vocontiennes, l'horizon à *S. verrucosum* a pu être identifié avec certitude depuis la région neuchâteloise jusqu'à la Basse-Provence occidentale (Masse *et al.*, 1975; Autran, 1989; Thieuloy *et al.*, 1990; Bulot, 1992 et Bulot *et al.*, 1992). Pour les corrélations inter-régionales, les remarques faites sur le potentiel de corrélation de la Zone à Verrucosum s'appliquent à son horizon basal.

BIOHORIZON A KARAKASCHICERAS PRONECOSTATUM

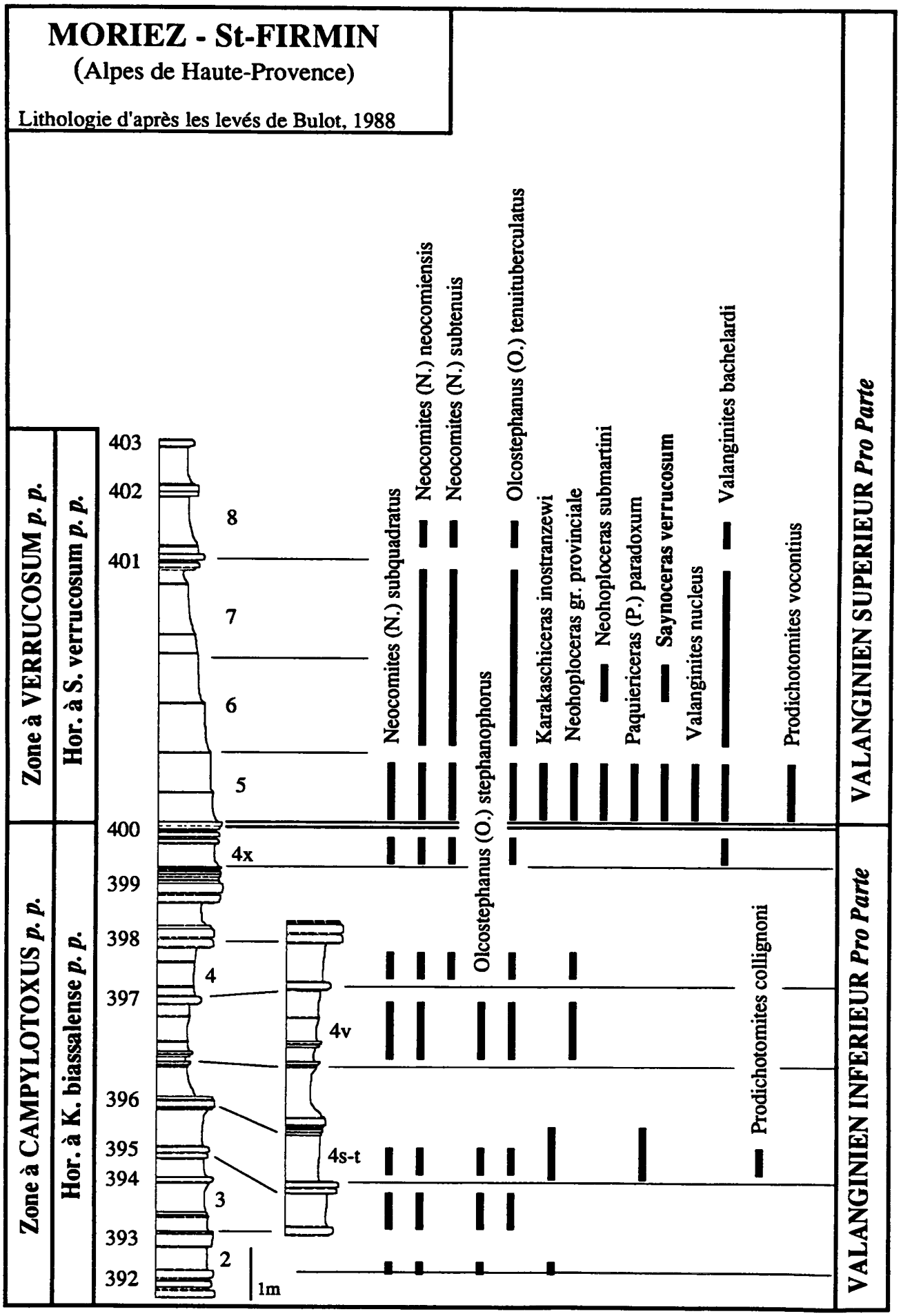
Auteurs : Bulot et Thieuloy *in* Bulot *et al.*, 1992

Espèce-index : *Karakaschiceras pronecostatum* (FÉLIX, 1891)

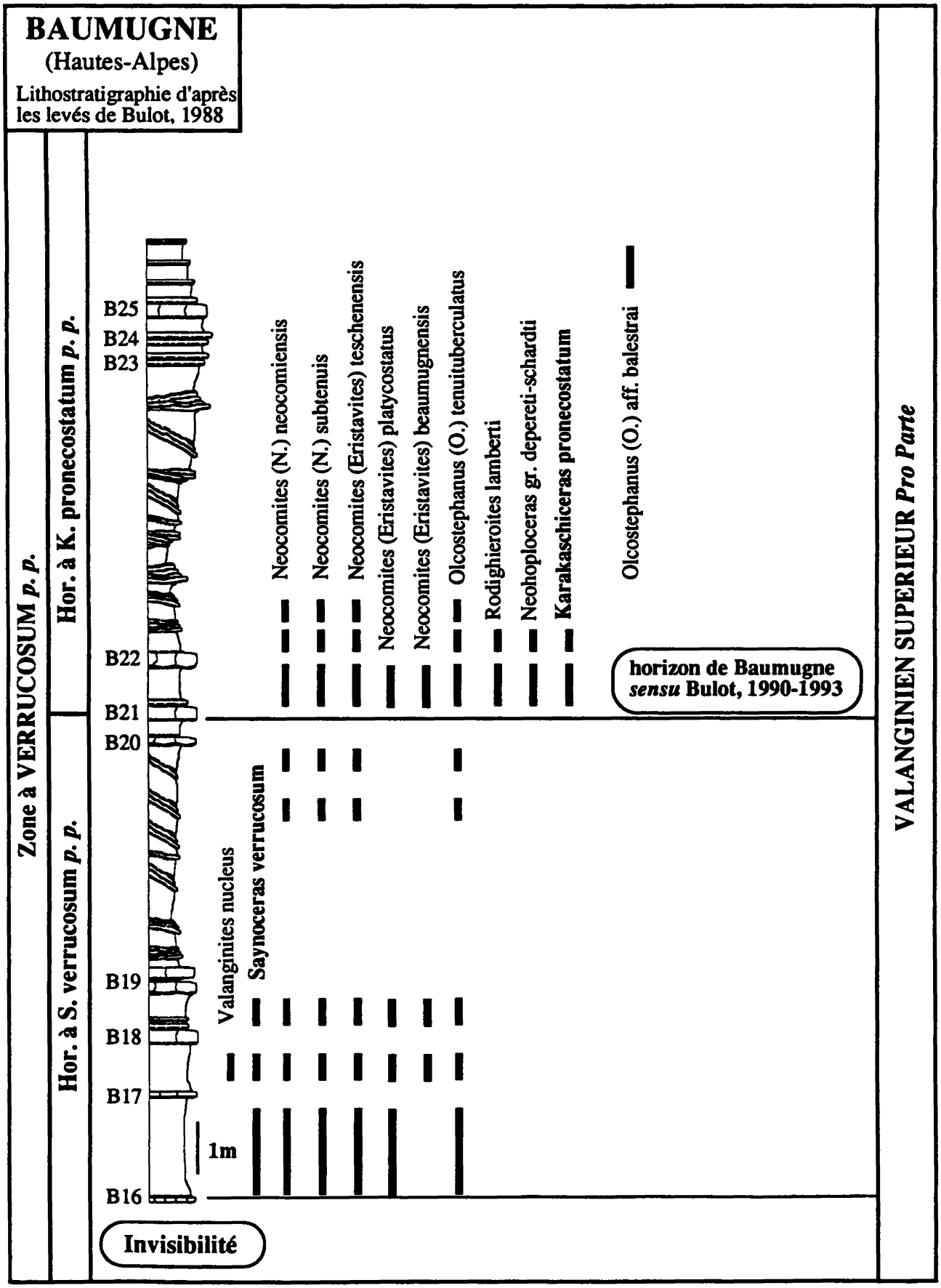
Historique : ce biohorizon mérite une mention toute particulière dans la mesure où Reboulet *et al.* (1992) se sont attribués la paternité de cette unité sans qu'il soit fait mention de l'introduction de cet horizon par Bulot et Thieuloy sur la base des coupes de La Charce et de Romeyer (Livret-guide, Symposium Platform-margins, Mai 1992, fig. 1-4 *in* Bulot *et al.*, 1992). De plus, de manière à rétablir notre droit d'antériorité, nous tenons à signaler au lecteur que cette unité biostratigraphique a été présentée par deux d'entre nous (L. B. et J.-P. T.) lors de la réunion du Cephalopod Working Group PICG 262 (Mula, Juillet 1992) devant une vingtaine de biostratigraphes dont la liste est donnée par Hoedemaecker et Company (1993).

Coupe de référence : dès l'origine (Bulot *et al.*, 1992), la coupe de La Charce (Drôme) a été choisie comme référence pour l'horizon à *K. pronecostatum*. La comparaison entre notre tableau VI et la figure 2 *in* Reboulet *et al.* (1992) montre clairement que nous ne sommes pas d'accord avec ces auteurs sur l'extension verticale de cet horizon.

En effet, Reboulet *et al.* (1992) font débuter



TABL. IV. - Répartition stratigraphique des principales espèces récoltées dans la coupe de Moriez (St-Firmin); l' espèce-index de zone apparaît en caractères gras.



TABL. V. - Répartition stratigraphique des principales espèces récoltées dans la coupe de Baumugne; les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

l'horizon à *K. pronecostatum* dès les premiers bancs surmontant les turbidites (plaquettes rousses). Bien qu'ayant collecté plus de 300 Néocomitides dans ces bancs (204 à 206, tableau VI), nous n'avons jamais reconnu *K. pronecostatum* dans cette faune qui est caractérisée par l'abondance de *Neocomites (N.) subtenuis* au sein d'une association dominée par *Haploceras (Neolissoceras) grasianum* et *Bochianites neocomiensis*. Seul un exemplaire fragmentaire peut-être rapporté à un *Karakaschiceras* aff. *biassalense*. Selon nous, cette association succède immédiatement l'acmé de *S. verrucosum* et est équivalente de celle des bancs 401 à 403 à St-Firmin-Moriez ou 201 à 202 à Cumier.

Variabilité de l'index : *K. pronecostatum* n'a jamais fait l'objet d'une étude taxonomique détaillée. Dans l'attente de la révision de cette espèce, nous souhaitons donner ici une évaluation de son contenu basée sur la comparaison entre les faunes en notre possession et les figures de la littérature. *K. pronecostatum* se distingue de *K. biassalense* par son ombilic étroit à mur surplombant, ses tubercules péri-ombilicaux plus nombreux, sa petite taille adulte et sa costulation ventro-latérale marquée sur la chambre d'habitation. Nous admettons donc pour *K. pronecostatum* la synonymie suivante :

Ammonites neocomiensis PICTET, 1860 *non* d'ORB., 1840, pl. 33, fig. 1-3 (*non* pl. 33, fig. 4 = *K. karakaschi* UHLIG, 1903).

Karakaschiceras pronecostatum (FÉLIX, 1891, p. 184) (= *A. neocomiensis* PICTET, 1860 *non* d'ORB., 1840, pl. 33, fig. 1-3).

Karakaschiceras leenhardti (KILIAN, 1895, p. 14) (= *A. neocomiensis* PICTET, 1860 *non* d'ORB., 1840, pl. 33, fig. 1-3).

Karakaschiceras josephinae (HONNORAT-BASTIDE, 1896), p. 287-290, fig. 1-3.

Karakaschiceras quadristrangulatum (SAYN, 1907), pl. 3, fig. 21.

Karakaschiceras cf. sp. b. *in* Kemper *et al.*, 1981, pl. 41, fig. 12-13.

De plus, certains exemplaires figurés attribués à *K. biassalense* (KARAKASCH, 1889) se rapportent sans équivoque à *K. pronecostatum* (Baumberger, 1906, pl. 10, fig. 1 et 3 et Thieuloy *et al.*, 1990, pl. 2, fig. 4)

Limite d'utilisation de l'index : *K. pronecostatum* est connu dans l'ensemble du Bassin vocontien et de ses marges (plate-formes nord-provençale et jurassienne). La faune de ce biohorizon, essentiellement composée de formes reliques de l'horizon à *S. verrucosum*, est caractérisée par sa faible diversité. En l'absence de l'index, l'acmé de *Neohoploceras depereti* (SAYN, 1907) et de *Rodighieroites lamberti* (SAYN, 1907) caractérise l'horizon à *K. pronecostatum*.

Reboulet *et al.* (1992, fig. 2) signalent *Neocomites (N.) retowskyi* (SAR. ET SCHÖND., 1901) comme un élément important de l'horizon à *K. pronecostatum*. Il nous semble utile de faire une mise au point sur cette espèce qui n'apparaît pas sur nos tableaux de répartition. Sarasin et Schöndelmayer (1901, p. 72) désignent "les formes décrites et figurées par M. Retowsky sous le nom d'*Hoplites occitanicus*" comme types d'*Hoplites retowskyi* [lectotype désigné par Mazenot, 1939 : fig. 8 de la planche 11 de Retowsky, 1893] . Depuis, ce taxon est devenu le type du genre *Pseudoneocomites* HOEDEMAECKER, 1982 (p. 68). Or, la faune décrite par Retowsky (1893) provient du Berriasien basal de Théodésie (Crimée) comme l'avait supposé Eristavi (1971, p. 396) et comme l'ont confirmé depuis Le Hégarat (1971) et Druschits (1975, p. 338).

Les "*Pseudoneocomites retowskyi*" signalés par Reboulet *et al.* (1992) ne peuvent donc pas être inclus au sein de cette espèce. Ces auteurs ont été abusés par l'individu de Crêt Mory (Sarasin et Schöndelmayer, 1901, pl. 9, fig. 4) qui provient du Valanginien supérieur comme en témoigne l'ensemble de la faune de cette localité : *Rodighieroites rutimeyeri*, *Teschenites* gr. *pachydicranus* (= *Hoplites regalis* Sar. et Schönd. *non* BEAN, pl. 9, fig. 2) et *Criosarasinella* gr. *furcillata* (= *Hoplites mortilleti* Sar. et Schönd. *non* PICT. et LOR., pl. 11, fig. 3 et 4). Nous avons récolté dans les coupes étudiées de nombreux spécimens montrant des affinités morphologiques avec l'échantillon de Crêt Mory et possédant une répartition stratigraphique identique à celle donnée par les auteurs lyonnais (base de la Zone à Verrucosum à sommet de la Zone à Trinodosum). Ces spécimens de l'horizon à *K. pronecostatum* appartiennent au groupe de *Neocomites (N.) subtenuis* comme l'individu de Baumugne figuré par Sayn (1907, pl. 3, fig. 14) et qui a d'ailleurs été rapporté au genre *Pseudoneocomites* par Hoedemaecker (1982, p. 68).

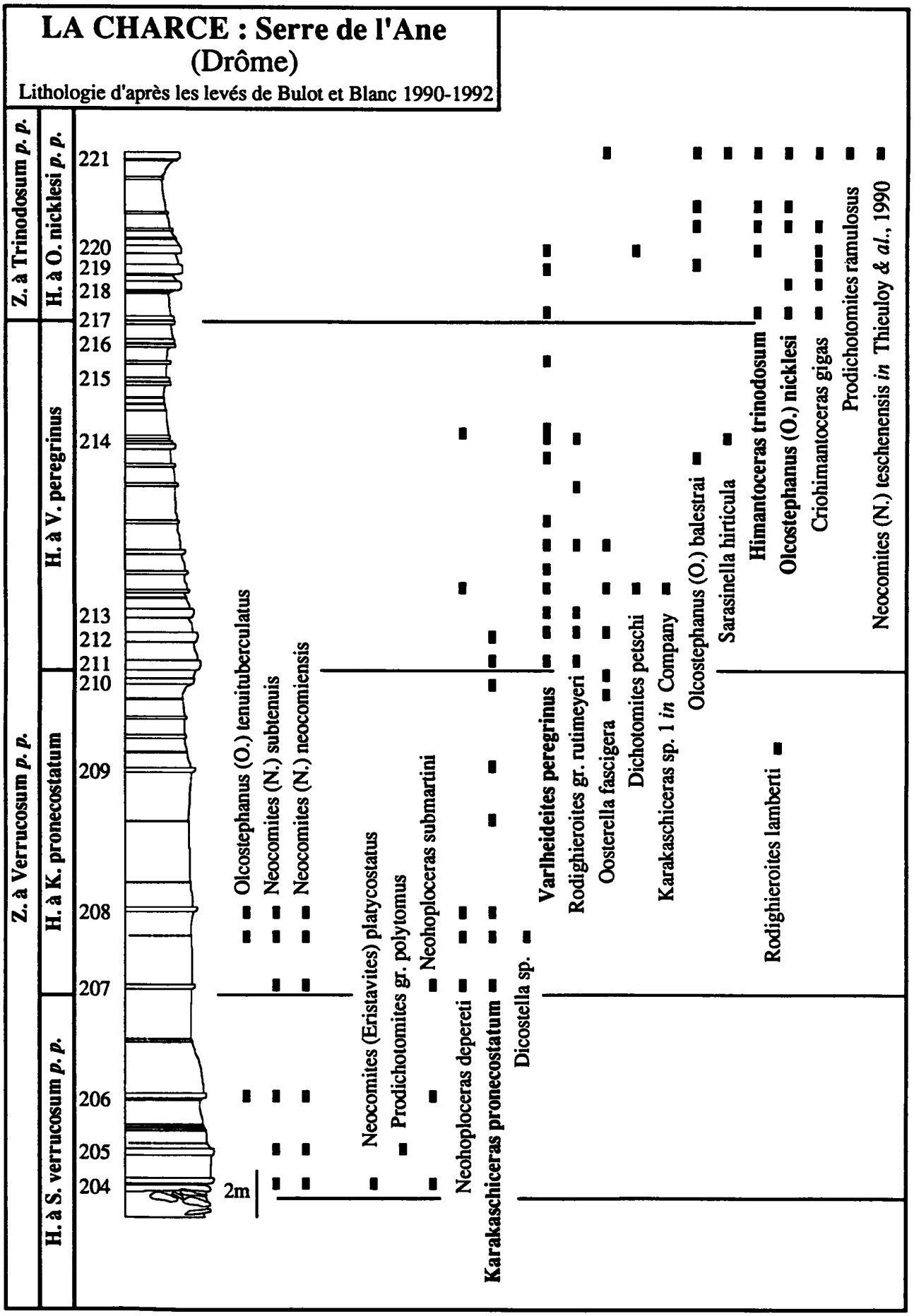
Potentiel et problèmes de corrélation : l'horizon à *K. pronecostatum* est extrêmement utile pour les corrélations plate-forme-bassin. Il nous a été possible de le mettre en évidence depuis la région neuchâteloise jusqu'à la Basse-Provence occidentale (Masse *et al.*, 1975; Autran, 1989; Thieuloy *et al.*, 1990; Bulot, 1991 et Bulot *et al.*, 1992). Cependant, la faible diversité de sa faune limite son utilisation en l'absence de son espèce-index.

Dans l'attente d'une révision complète des genres *Karakaschiceras*, *Neohoploceras* et *Rodighieroites*, il semble difficile de l'identifier avec certitude en dehors du Sud-Est de la France. Cependant, la citation de "*Karakaschiceras biassalense* " à un niveau élevé de la Zone à Verrucosum en Espagne (Company, 1987) et en Bulgarie (Mandov, 1976) permet d'envisager dès maintenant l'existence de l'association à *K. pronecostatum* en dehors du Sud-Est de la France.

BIOHORIZON A VARLHEIDEITES PEREGRINUS

Auteurs : Bulot et Thieulot *in* Bulot *et al.*, 1992

Espèce-index : *Varlheideites peregrinus*



TABL. VI. - Répartition stratigraphique des principales espèces des zones à Verrucosum et Trinodosum, récoltées dans la coupe de La Charce (Serre de l'Ane, cf. fig. 2); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

RAWSON et KEMPER, 1978

Historique : comme pour l'horizon à *K. pronecostatum*, Reboulet *et al.* (1992) se sont attribués la paternité de l'horizon à *V. peregrinus* sans qu'il soit fait mention de son introduction par deux d'entre nous (L. B. et J.-P. T.) lors du Symposium Platform-margins (Chichilianne, Mai 1992, coupes de la Charce et de Romeyer *in* Bulot *et al.*, 1992, livret-guide, fig. 1-4). De même, cette unité biostratigraphique a été présentée aux participants du Cephalopod Working Group PICG 262 lors de la réunion de Mula (Juillet, 1992) (Hoedemaecker et Company,1993).

Coupe de référence : la coupe de La Charce (Drôme) a été choisie comme coupe de référence pour illustrer l'assemblage faunique de l'horizon à *V. peregrinus* (Bulot *et al.*, 1992). La comparaison entre notre tableau VI et la figure 2 *in* Reboulet *et al.* (1992) montre que nous sommes en désaccord avec ces auteurs sur l'extension verticale de *V. peregrinus*. Selon Reboulet *et al.* (1992), *V. peregrinus* apparaît dès la base de l'horizon à *K. pronecostatum* et disparaît à la base de la Zone à Trinodosum. Nos propres recherches montrent qu'il existe effectivement un recouvrement entre les distributions verticales de *K. pronecostatum*, *V. peregrinus* et *H. trinodosum*, mais qu'il est beaucoup plus faible que celui admis par ces auteurs. Il semblerait donc que nous n'ayions pas la même conception de ces différents taxons.

Variabilité de l'index : *Varlheideites peregrinus* a été initialement créé pour des *Neocomitidae* d'Allemagne du Nord présentant un dimorphisme de taille illustré par Rawson et Kemper (1978) puis reconnu dans les associations des séries réduites de l'Arc de Castellane (Thieuloy *et al.*, 1990). A la différence des populations de bordure de plate-forme, les faunes de bassin (La Charce, Curnier, ...) montrent un "polymorphisme développemental" qui rappelle les observations faites par Matyja (1986) sur les *Peltoceratinae* ou par Company (1987 et communication orale 1992) sur *Thurmanniceras pertransiens*. Ce polymorphisme se manifeste par l'individualisation de trois formes que nous considérons comme conspécifiques :

- *Neocomites (N.) neocomiensis* morphotype B *in* Company, 1987, pl. 10, fig. 1-5 (= miniconche *sensu* Matyja),
- *Varlheideites peregrinus* RAWSON et KEMPER *in* Thieuloy *et al.*, 1990, pl. 3, fig. 3-4 (= microconche *sensu* Matyja),
- *Varlheideites peregrinus* RAWSON et KEMPER *in* Thieuloy *et al.*, 1990, pl. 3, fig. 1-2 (= macroconche *sensu* Matyja).

Nous tenons à signaler au lecteur que les individus fragmentaires de cette espèce sont parfois difficiles à déterminer en raison de leurs affinités avec les macroconches de *Neocomites (N.) neocomiensis*, *N. (Eristavites) platycostatus*, *N. (Teschenites) neocomiensiformis s. str.*. Toutes ces formes se distinguent de *V. peregrinus* par l'ornementation peu marquée de leurs côtes principales (clavi, bullae et renflements latéraux) et par l'effacement précoce de leur costulation secondaire (discussion *in* Thieuloy *et al.*, 1990, p. 66-70). C'est probablement ce type de confusion qui expliquent les différences entre la répartition stratigraphique de *V. peregrinus* reconnue dans cet article et celle proposée par Reboulet *et al.* (1992).

Limite d'utilisation de l'index : *V. peregrinus* est connu dans l'ensemble du Bassin vocontien ainsi que sur la plate-forme nord-provençale (Autran, 1989 et Thieuloy *et al.*, 1990). Dominée par les *Neocomitidae*, la faune de ce biohorizon est marquée par un important renouvellement faunique qui affecte même les *Phylloceratidae* (individualisation de *Phyllopachyceras winckleri*). Cette radiation adaptative permet d'utiliser la combinaison de plusieurs taxons pour reconnaître l'horizon à *V. peregrinus* en cas d'incertitude sur la détermination de l'index. En effet, nous avons vu que *V. peregrinus* est parfois d'utilisation délicate compte-tenu de l'homéomorphie qui affecte la chambre d'habitation des *Neocomitidae* macroconches.

Parmi les espèces peu fréquentes, mais d'intérêt stratigraphique majeur, *Oosterella fascigera* THIEULOY et BULOT, 1992 et *Sarasinella hirticula* THIEULOY et BULOT, 1992 ont un acmé synchrone de celui de*V. peregrinus*. De même, on peut noter plusieurs modifications significatives dans la structure des populations d'ammonites :

- remplacement des morphologies de type *depereti* par celle de type *schardti* au sein des *Neohoploceras*,
- individualisation des formes du groupe *belimelensis-rutimeyeri-cardulus* au sein du genre *Rodighieroites*;
- disparition de *K. pronecostatum* type au profit d'une espèce non nommée (*Karakaschiceras* sp.1 *in* Company, 1987) qui rappelle *K. karakaschi* UHLIG;
- dérive progressive des *Olcostephanus* du pôle morphologique *tenuituberculatus* vers le pôle *balestrai;*
- apparition des premiers *Holcodiscidae* [*Jeanthieuloyites quinquestriatus* (BESAIRIE, 1936)].

Il est à noter que la plupart de ces espèces passent dans la Zone à Trinodosum (horizon à *O. (O.) nicklesi*). De plus, l'association à *V. peregrinus* est caracterisée par quelques taxons reliques des horizons à *S. verrucosum* et à *K. pronecostatum* tels que *Neohoploceras submartini* et *Valanginites bachelardi*.

Potentiel et problèmes de corrélation : la diversité et l'abondance de l'ammonitofaune confèrent à l'horizon à *V. peregrinus* un potentiel élevé pour les corrélations plate-forme-bassin dans le Bassin du Sud-Est. Il nous a été possible de le reconnaître depuis la région neuchâteloise jusqu'aux zones les plus internes de la plate-forme provencale (Masse *et al.*, 1975; Autran, 1989; Thieuloy *et al.*, 1990; Bulot, 1991 et Bulot *et al.*, 1992).

Seule une révision complète des *Neocomitidae* macroconches permettrait de cerner l'extension géographique de l'horizon à *V. peregrinus* sur le pourtour méditerranéen. Cependant, l'association à *Neohoploceras submartini, Valanginites bachelardi, Karakaschiceras* sp. 1 et *Neocomites (N.) neocomiensis* morphotype B qui caractérise le sommet de la Zone à Verrucosum en Espagne (Company, 1987) est vraisemblablement un équivalent de l'horizon à *V. peregrinus*. De même, la mention de *Rodighieroites belimelensis* en Bulgarie (Mandov, 1976) permet d'envisager l'existence de l'association à *peregrinus* dans les Balkans.

L'association systématique de *Dichotomites petschi* avec *Varlheideites peregrinus* dans le Sud-Est de la France et dans le Bassin de Basse-Saxe permet de paralléliser la base de l'horizon à *V. peregrinus* et avec la base de la zone allemande à *crassus*.

4.1.2. Zone à Trinodosum

Auteurs : Moullade et Thieuloy, 1967

Espèce-index : *Himantoceras trinodosum* THIEULOY, 1966

Historique : Depuis sa création par Moullade et Thieuloy (1967), la zone à *trinodosum* n'a pas fait l'objet de modifications fondamentales. Seule sa limite supérieure a été rehaussée depuis la redéfinition de la Zone à Callidiscus par Busnardo et Thieuloy (1979). La zone à *trinodosum* est donc classiquement définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition de *Neocomites (Teschenites) callidiscus*, marqueur de la zone suivante (Busnardo et Thieuloy, 1979; Thieuloy *et al.*, 1990; Bulot et Thieuloy, 1993).

Coupe de référence : C'est dans la coupe de La Charce (Drôme) que **nous plaçons le "Golden-Spike" de la Zone à Trinodosum à la base du banc 217** (tableau VI). La succession de La Charce illustre parfaitement les ruptures de rythmes dans les alternances marne-calcaire qui caractérisent la Zone à Trinodosum à l'échelle du Bassin vocontien.

La série débute par un faisceau de trois bancs dont la base marque la limite inférieure de la zone (faisceau **N** = bancs 218 à 220), puis elle montre une importante passée marneuse à laquelle succèdent deux faisceaux de 10-12 bancs marno-calcaires (faisceau **F1** = bancs 224 à 232 et faisceau **F2** = bancs 233 à 244, tableau VII). Tout comme ceux de la Zone à Verrucosum, ces faisceaux sont corrélables à l'échelle du Bassin vocontien comme le montrent nos résultats biostratigraphiques :

- sommet faisceau **N** : base de l'horizon à *O. (O.) nicklesi*,
- sommet faisceau **F1** : base de l'horizon à *C. furcillata*,
- sommet faisceau **F2** : sommet de l'horizon à *C. furcillata*.

La coupe d'Angles (Busnardo et Thieuloy, 1979) donne un autre exemple de cette succession lithologique (faisceaux **N** = bancs 343-345, **F1** = bancs 356-361 et **F2** = bancs 363-371). La coupe de Curnier (tableau 3) confirme le potentiel de corrélation du faisceau **N** (bancs 212-214).

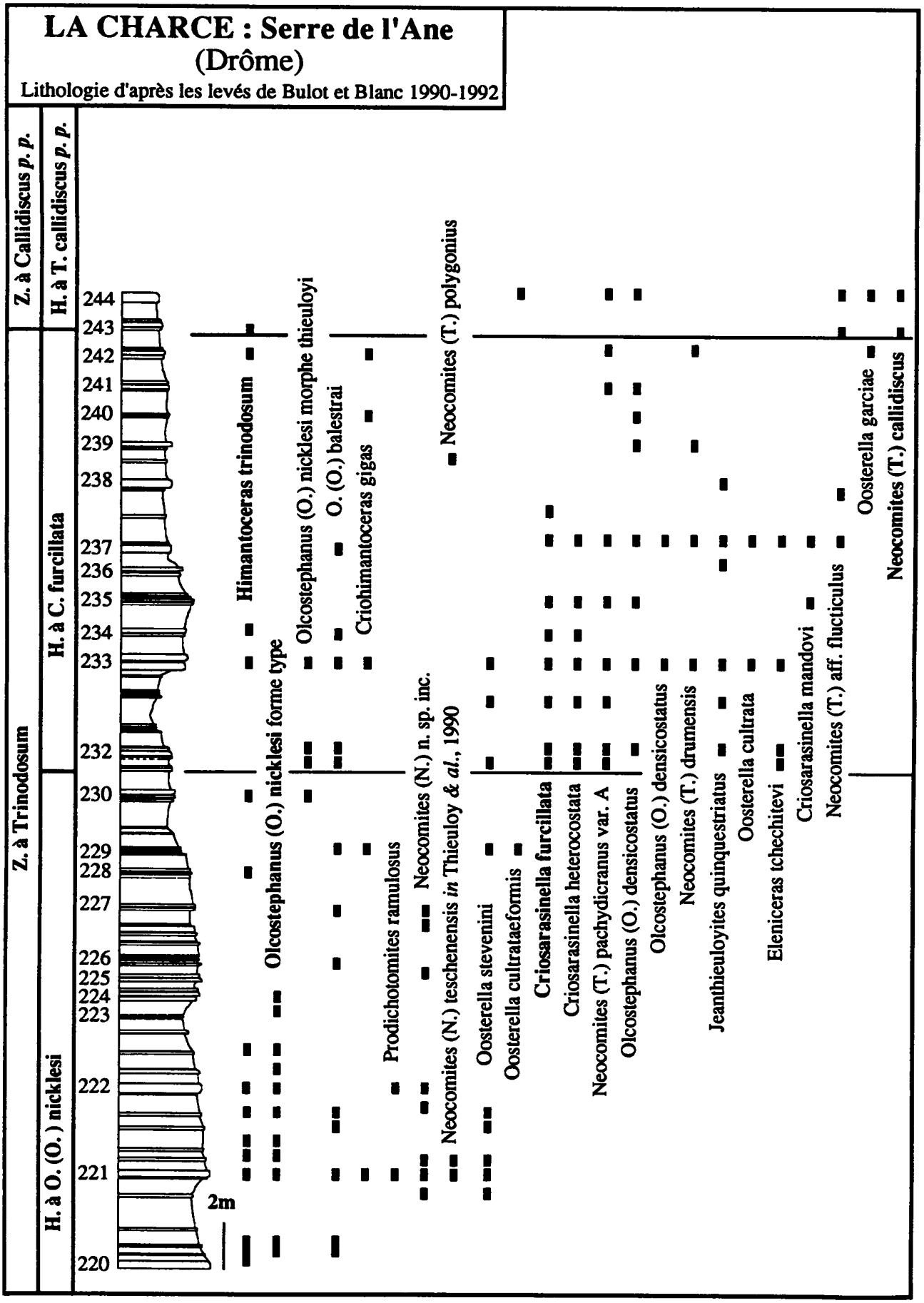
Association caractéristique : Bien que l'acrozone d'*H. trinodosum* couvrel'intégralité de la zone qu'elle caractérise, cette forme de bassin présente l'inconvénient d'être extrêmement rare en faciès de bordure de plate-forme. En son absence, *Olcostephanus (O.) balestrai, O. (O.) nicklesi* et *Neocomites (T.) pachydicranus* var. A permettent de caractériser sans trop de difficulté la Zone à Trinodosum bien que leurs distributions verticales ne correspondent pas exactement à son étendue.

Le reste de la faune (*Olcostephanus, Criosarasinella, Oosterella, Eleniceras....*) sert de support à la caractérisation des biohorizons qui seront discutés plus loin. Les genres boréaux *Prodichotomites* et *Dichotomites* restent fréquents. En faciès de bassin, *Phyllopachyceras winckleri, Phyllopachyceras valbellense, Bochianites goubechensis, Haploceras (Neolissoceras) grasianum* et *H. (N.) desmoceratoides* dominent très nettement dans les associations.

Potentiel et problèmes de corrélation : Bien qu'initialement caractérisée en faciès de bassin, la Zone à Trinodosum, ainsi redéfinie, permet de mieux apprécier l'extension de cette unité sur les marges du Bassin vocontien. Ainsi, nous avons pu reconnaître cette unité tant dans les séries réduites de l'Arc de Castellane (Thieuloy *et al.*, 1990) que dans les épaisses successions du Vercors (Bulot *et al.*, 1992). Néanmoins, le talus externe des plates-formes péri-vocontiennes est le plus souvent affecté par une érosion totale ou partielle de cette biochronozone. Cette érosion, due à la "transgression hauterivienne", est matérialisée par l'existence d'horizons polyzonaux de condensation, où les faunes de la Zone à Trinodosum sont remaniées avec celles des Zones à Callidiscus et Radiatus. Dans de telles circonstances, le potentiel de corrélation de la Zone à Trinodosum est nécessairement limité.

Par contre, la présence d'éléments boréaux dans les coupes vocontiennes facilite énormément les corrélations avec la province Nord-Ouest Européenne, d'autant plus que les faunes téthysiennes de cet âge sont relativement rares dans le domaine boréal (Thieuloy, 1977a et Kemper *et al.*, 1981).

Subdivisions : La Zone à Trinodosum peut être subdivisée en deux biohorizons : horizons à *Olcostephanus (O.) nicklesi* et à *Criosarasinella furcillata*. Ces deux associations successives, aisément identifiables en faciès de bassin, sont le plus souvent érodées et/ou remaniées sur les bordures de plate-forme.



TABL. VII. - Répartition stratigraphique des principales espèces des zones à Trinodosum et Callidiscus, récoltées dans la coupe de La Charce (Serre de l'Ane, cf. fig. 2); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

BIOHORIZON A OLCOSTEPHANUS (O.) NICKLESI

Auteurs : Thieuloy, Fuhr et Bulot, 1991

Espèce-index : *Olcostephanus (O.) nicklesi* WIEDMANN et DIENI, 1968

Historique : Bulot (1990) a montré que *O. (O.) sanctifirminensis* THIEULOY, 1977 est un synonyme subjectif plus récent de *O. (O.) nicklesi* WIEDMANN et DIENI, 1968. L'horizon à *O. (O.) nicklesi* initialement introduit par Thieuloy *et al.*, 1990 est donc l'équivalent exact de sous-zone à *sanctifirminensis* de Busnardo et Thieuloy (1979). Depuis, Reboulet *et al.* (1992, p. 475) ont avancé que tel que nous l'avons conçu originellement l'horizon à *O. (O.) nicklesi* (Thieuloy *et al.*, 1990) comprend la partie supérieure de la biozone à *verrucosum*, car d'après leurs données, *Varlheideites peregrinus* et *Rodighieroites cardulus* précèdent nettement *H. trinodosum* et ne lui sont jamais associés, alors que nous avons cité ces deux espèces en association avec *O. (O.) nicklesi* (Thieuloy *et al.*, 1990, p. 81).

Cette prise de position revient implicitement à remettre en question le synchronisme de l'apparition de *H. trinodosum* et *O. (O.) nicklesi* reconnue par Bulot (1990), ainsi que la valeur stratigraphique de *R. cardulus*, espèce introduite par Company et systématiquement citée par son auteur (1987, fig. 23) en association avec *H. trinodosum* et/ou *O. (O.) nicklesi*. Nous ne pouvons être qu'en désaccord total avec les assertions de Reboulet *et al.* (1992), car :

- en plein accord avec Company (1987), nous avons régulièrement trouvé *R. cardulus* en association *O. (O.) nicklesi*, tandis que nous attribuons les *Rodighieroites* de la base de l'horizon à *V. peregrinus* au groupe *belimelensis-rutimeyeri* ;

- nos propres récoltes (bancs 218 à 220, tableau VI), confortées par les résultats de Reboulet *et al.* (1992, fig. 2, banc 134), montrent que les derniers représentants de *V. peregrinus* sont associés avec les premiers *H. trinodosum* et *O. (O.) nicklesi*, confirmant ainsi que cet assemblage caractérise l'extrême base de la zone à Trinodosum tant dans l'Arc de Castellane qu' à La Charce;

- de plus, Reboulet *et al.* (1992) n'ont été en mesure, ni de donner la distribution stratigraphique de *O. (O.) nicklesi*, ni de figurer leurs "*R. cardulus* " du sommet de la Zone à Verrucosum. Dans cette attente, rien de permet d'affirmer la coexistence de ces deux espèces dans un niveau sous-jacent à l'apparition de *H. trinodosum*.

Coupe de référence : la faune de cet horizon est remarquablement bien développée dans la coupe de La Charce (Drôme) que nous choisissons donc comme coupe de référence (tableaux VI et VII).

Variabilité de l'index : *O. (O.) nicklesi* a fait l'objet d'une révision récente (Bulot, 1990). Nous rappelons simplement au lecteur qu'il est possible de reconnaître deux morphotypes successifs : la forme type qui caractérise la base du biohorizon et le morphotype *thieuloyi* (AUTRAN, 1989) qui apparait à son sommet et s'éteint dans l'horizon à *C. furcillata*.

Limite d'utilisation de l'index : *O. (O.) nicklesi* a une répartition paléogéographique qui couvre l'ensemble du domaine vocontien et de ses marges. En absence de l'index, les petites *Oosterella* à carène simple du groupe *stevenini-garciae* associées à des formes reliques de l'horizon à *V. peregrinus* indiquent la partie inférieure du biohorizon. La partie supérieure de l'horizon est marquée par un très net appauvrissement de la faune (disparition des *Varlheideites*, *Karakaschiceras*, *Neohoploceras* et *Rodighieroites*), tandis qu'apparaissent timidement les premiers représentants de *Neocomites (Teschenites) pachydicranus* var. A THIEULOY, 1977.

Reboulet *et al.* (1992) signalent des "*Neocomites (N.) retowskyi* " à ce niveau, mais pas plus que les exemplaires de la Zone à Verrucosum, ces formes ne peuvent être à rapportées cette espèce. Nous avons récolté dans les coupes étudiées plusieurs spécimens à costulation fine et effacement prononcé des côtes sur la loge d'habitation, qui montrent des affinités avec l'échantillon de Crêt Mory (Sarasin et Schöndelmayer, 1901, pl. 9, fig. 4). Nous laissons ce taxon en nomenclature ouverte en attendant un matériel plus abondant (*Neocomites* n. sp. inc. *in* tableau VII).

Potentiel et problèmes de corrélation : indépendamment de sa présence dans toutes les coupes de bassin étudiées, nous avons pu reconnaître cette unité dans les séries réduites de l'Arc de Castellane (Thieuloy *et al.*, 1990) et dans les épaisses successions hémipélagiques du Sud-Vercors (Bulot *et al.*, 1992). Dans le cadre du Bassin du Sud-Est, le potentiel de corrélation de l'horizon à *O. (O.) nicklesi* est donc relativement élevé en dépit de la condensation qui affecte les dépôts de cet âge sur le talus des plate-formes provençale et jurassienne. Néanmoins, l'assemblage à *O. (O.) nicklesi* représente une part importante de la faune de ces horizons polyzonaux de condensation (Autran, 1989 et Bulot, 1990).

L'horizon à *O. (O.) nicklesi* a été reconnu à l'échelle de la Téthys méditerranéenne (Cordillères bétiques, Carpathes, Balkans, ... cf. Thieuloy *et al.*, 1990, p. 82) et retenu depuis comme horizon de la zonation standard méditerranéenne (Hoedemaecker et Bulot, 1990 et Hoedemaecker et Company, 1993). La présence de *Dichotomites petschi*, *D. evolutus* en association avec *O. (O.) nicklesi* et *H. trinodosum* dans plusieurs coupes du Bassin vocontien permet de corréler la base de la Zone à Trinodosum avec le sommet de la biozone à *crassus* du schéma nord-ouest européen.

BIOHORIZON A CRIOSARASINELLA FURCILLATA

Auteurs : Busnardo et Thieuloy, 1979

Espèce-index : *Criosarasinella furcillata* THIEULOY, 1977

Historique : l'horizon à *C. furcillata* redéfini par Thieuloy *et al.* (1990) avait été initialement introduit comme sous-zone par Busnardo et Thieuloy (1979). Depuis, Reboulet *et al.* (1992) ont amputé cette unité de sa partie sommitale en introduisant leur horizon à *Neocomites (Teschenites) pachydicranus* var. A.

Validité et extension verticale : la proposition de Reboulet *et al.* (1992) de réduire l'extension verticale de l'horizon à *C. furcillata* au profit d'un nouvel horizon à *Neocomites (Teschenites) pachydicranus* var. A., nous condamne à faire une mise au point sur la position stratigraphique respective de ces deux taxons. Tout comme ces auteurs, nous traiterons ce problème en analysant l'ensemble des faunes à *Criosarasinella* de la Téthys méditerranéenne.

En France, les coupes d'Angles, de Curnier et de Barret-le-Haut montrent que l'apparition de *Neocomites (T.) pachydicranus* var. A. se fait à la base du faisceau **F1** en association avec une population d'*Olcostephanus (O.) nicklesi* forme type. Cet assemblage précède légèrement l'apparition de *C. furcillata* qui se fait au sommet du faisceau **F1** en association avec les premiers *Olcostephanus (O.) densicostatus* et *O. (O.) nicklesi* morphotype *thieuloyi*. La coupe de La Charce est relativement atypique dans la mesure où ce décalage n'y a pas été observé, les deux espèces apparaissant simultanément au sommet du faisceau **F1** (tableau VII). Par ailleurs, la seule différence entre les assemblages de la base et du sommet de l'horizon à *C. furcillata* réside dans la proportion relative des différentes espèces et dans l'apparition tardive de formes annonçant *N. (T.) flucticulus*. Signalons aussi qu'à Angles et à Aulan, *N. (T.) pachydicranus* var. A est connu jusqu'au sommet de la Zone à Callidiscus et à base de la Zone à Radiatus (Thieuloy, 1977, p. 101, fig. 8 et 10, pl. 3, fig. 5).

En Espagne, le cadre biostratigraphique du Valanginien supérieur élaboré par Company (1987, fig. 4-14) repose essentiellement sur les séries réduites du Prébétique et de ses unités intermédiaires. La coupe de la Sierra de Lugar donne un bon exemple de ce type de succession. Nous avons revu cette coupe, ainsi que les individus figurés par Company, lors de la réunion du PICG 262 à Mula en Juillet 1992. Les données publiées et inédites correspondent à la succession suivante pour la Sierra de Lugar :

- bancs 4 à 10 : *O. (O.) nicklesi* forme type (pl. 16, fig. 12-13), *O. (O.) balestrai* (pl. 17, fig. 4 et 8), *Oosterella* gr. *garciae-stevenini* (pl. 13, fig. 15-18) et *Rodighieroites cardulus*, associés à des formes reliques de la Zone à Verrucosum telles que *Valanginites bachelardi*, *Neocomites (N.) neocomiensis* morphe B (pl. 16, fig. 2-3 et 5), *Karakaschiceras* sp. 1 (pl. 12, fig. 9) et *Neohoploceras submartini* ;

- bancs 10 à 10b : *O. (O.) nicklesi*, *O. (O.) balestrai* (pl. 17, fig. 2), et *Oosterella* gr. *garciae-stevenini*, associés aux premiers *N. (T.) pachydicranus* var. A (pl. 11, fig. 5);

- bancs 10b à 11 : *N. (T.) pachydicranus* associé à des *Neocomites (Teschenites)* macroconches;

- banc 11 : *N. (T.) pachydicranus* associé à *C. furcillata*.

Des successions similaires ont été reconnues dans les séries plus épaisses du Subbétique par Company (1987, fig. 15-19) et Hoedemaecker (communication orale, Juillet 1990 et 1992). La rareté de *C. furcillata* et de *H. trinodosum* dans les environnements de bordures de plate-forme du Prébétique et ses unités intermédiaires (Vera, 1988) est due à des facteurs écologiques similaires à ceux reconnus sur le talus externe de la plate-forme nord-provencale (Bulot, 1993), ainsi qu'aux lacunes qui affectent ces zones (Company et *al.*, 1992). Ces deux formes sont un peu plus fréquentes dans le Subbétique (Hoedemaecker, communication personnelle, 1992).

Dans les Carpathes et les Balkans, des formes caractéristiques de l'horizon à *C. furcillata* ont été figurées par différents auteurs (Mandov, 1976; Vasicek et Michalik, 1986; Avram, 1990 et Avram et Gradinaru, 1993). Malheureusement, dans l'état actuel de nos connaissances:

- le détail des successions à *Himantoceras*, *Criosarasinella* et *Teschenites* reconnues dans les Balkanides n'est toujours pas connu (région d'Elena et de Kraptchéné, Bulgarie, Mandov, 1976);
- la présence des espèces-index du Valanginien supérieur dans les séries pélagiques des Carpathes occidentales est trop sporadique pour permettre une biostratigraphie de détail (Mont Butkov, Tchécoslovaquie, Vasicek et Michalik, 1986);
- les coupes des Carpathes méridionales (Svitina, Résita et Brasov, Roumanie) ne montrent que très rarement une succession continue et sont souvent affectées par des épisodes de condensation (Avram, 1990 et Avram et Gradinaru, 1993).

Cependant, toutes les données recueillies à ce jour (publications et communications orales de E. Avram et Z. Vasicek, Juillet 1990 et 1992) confirment la position stratigraphique respective des assemblages reconnus en France et en Espagne. Il est à noter que l'abondance relative des *Himantoceras* et des *Criosarasinella* dans certaines coupes de Bulgarie et de Tchécoslovaquie est le reflet de conditions paléoécologiques locales qui ne peuvent pas être généralisées à l'échelle des Carpathes. La confrontation de cet ensemble d'observations conduit à réfuter plusieurs hypothèses avancées par Reboulet *et al.* (1992). Contrairement à ces auteurs, nous considérons :

- qu'aucun argument ne permet d'affirmer que la position respective de *O. (O.) nicklesi*, *N. (T.)*

pachydicranus var. A et *C. furcillata* est différente en France et en Espagne. L'hypothèse d'une migration de *N. (T.) pachydicranus* var. A à partir des Cordillères bétiques n'est pas à retenir. Rappelons à cet effet que la zone espagnole à *pachydicranus* est définie par la première apparition de *O. (O.) nicklesi* (Company, 1987, p. 64) et non par celle de son espèce-index; de ce fait, sa base correspond exactement à la base de la Zone à Trinodosum;

- qu'il n'est pas plus nécessaire d'évoquer des phénomènes de migrations pour expliquer l'abondance ou l'absence des *Criosarasinella*. En effet, une fois replacées dans leur cadre paléogéographique, ces différences de répartition s'expliquent soit par des facteurs écologiques, soit par des lacunes de l'horizon à *C. furcillata ;*

- que d'un point de vue pratique, il nous semble impossible d'individualiser un horizon à *N. (T.) pachydicranus* var.A, car il n'existe pas de différence fondamentale entre la faune qui le caractérise et l'assemblage à *C. furcillata* sous-jacent. De plus, le choix de l'index, nous semble particulièrement discutable du fait que ce taxon apparaît dans la partie supérieure de l'horizon à *O. (O.) nicklesi* et s'éteint à la base de la Zone à Radiatus. Seule l'apparition de formes affines à *N. (T.) flucticulus* permettrait de définir sa base. A nos yeux l'horizon à *N. (T.) pachydicranus* var. A dans sa définition actuelle n'apporte rien à la zonéographie du SE de la France et doit être abandonné.

Coupe de référence : la faune de cet horizon est remarquablement bien developpée dans la coupe de La Charce (Drôme), que nous choisissons donc comme coupe de référence (tableau VII).

Variabilité de l'index : lors de sa création par Thieuloy (1977), le genre *Criosarasinella* a fait l'objet d'une bonne étude paléontologique. Même à l'état fragmentaire, ce taxon est facile à reconnaître par l'aspect particulier de ses côtes primaires qui bifurquent très haut sur les flancs. Il n'est pas exclu que les taxons *furcillata, mandovi* et *heterocostata* puissent être l'expression d'un polymorphisme.

Limite d'utilisation de l'index : *C. furcillata* est une espèce fréquente dans la partie centrale du Bassin vocontien et devient rare sur ces marges. *N. (T.) pachydicranus* var. A montre une acrozone qui débute dans l'horizon à *O. (O.) nicklesi* et finit à la base de la Zone à Radiatus. Cependant, l'association de ce taxon avec *Eleniceras tchechitevi, N. (T.) drumensis* et *O. (O.) densicostatus* semble caractériser parfaitement l'horizon à *C. furcillata.*

Potentiel et problèmes de corrélation : l'horizon à *C. furcillata* a pu être mis en évidence dans toutes les coupes de bassin étudiées. Par contre, nous n'avons reconnu cette unité avec certitude que dans les zones les plus externes du talus de la plate-forme provençale. Partout ailleurs, il est soit totalement absent (Sud-Vercors, Jura; Bulot, 1991 et Bulot *et al.*, 1992), soit difficilement identifiable au sein des horizons polyzonaux de condensation (Arc de Castellane; Autran, 1989 et Bulot, 1990).

L'horizon à *C. furcillata* a été reconnu à l'échelle de la Téthys méditerranéenne (Cordillères bétiques, Carpathes, Balkans, ... cf. Thieuloy *et al.*, 1990, p. 82) et retenu depuis comme horizon de la zonation standard méditerranéenne (Hoedemaecker et Bulot, 1990 et Hoedemaecker et Company, 1993). Les seules formes boréales présentes dans l'horizon à *C. furcillata* sont les *Prodichotomites* du groupe *polytomus-ramulosus* qui apparaissent dès la base de la Zone à Trinodosum dans le Sud-Est de France. Ce groupe est malheureusement d'un faible intérêt stratigraphique, puisque son acrozone couvre en Allemagne du Nord la plus grande partie du Valanginien supérieur (biozones à *polytomus, crassus, triptychoides* et *bidichotomoides*) (Quensel, 1988 et Jeletzky et Kemper, 1988). La récente découverte à La Charce de *Criohimantoceras gigas*, forme téthysienne également présente en Basse-Saxe, permet de paralléliser l'horizon à *C. furcillata* avec les zones à *triptychoides (pro parte), bidichotomoides* et *tuberculata (pro parte)* (Thieuloy *et al.*, 1992, ce vol.). Ce point de vue est renforcé par la présence, dans la zone à *tuberculata*, de *Neocomites* à large ombilic (*Neocomites* sp. b. *in* Kemper *et al.*, 1981, pl. 39, fig. 1-2 et 5-6), dont le style ornemental rappelle *N. (T.) drumensis.*

4.1.3. Zone à Callidiscus

Auteur : Thieuloy, 1973a

Espèce-index : *Neocomites (Teschenites) callidiscus* THIEULOY, 1971

Historique : Depuis sa définition formelle par Thieuloy (1977, p. 124), la limite inférieure de la Zone à Callidiscus a été rehaussée par Busnardo et Thieuloy (1979, p. 66). Dans sa définition originelle cette biozone comprennait les couches à *Criosarasinella*, maintenant admises comme horizon supérieur de la Zone à Trinodosum. Actuellement, la Zone à Callidiscus est donc définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition d'*Acanthodiscus radiatus*, marqueur de la base de l'Hauterivien.

Coupe de référence : La coupe hypostratotypique d'Angles a été désignée comme localité-type de la Zone à Callidiscus, car l'extension verticale de l'espèce-index y est remarquable. En accord avec les conceptions de Thieuloy (1977) et de Busnardo et Thieuloy (1979), **nous plaçons le "Golden-Spike" de la Zone à Callidiscus à la base du banc 373** (figure 6 *in* Busnardo et Thieuloy, 1979). La succession d'Angles illustre parfaitement les deux traits lithologiques qui caractérisent la Zone à Callidiscus à l'échelle du Bassin vocontien.

La base de la zone (horizon à *N. (T.) callidiscus*) est marquée par une vire marneuse (**VM 1** = bancs 373 à 376) qu'il nous a été possible de reconnaître à l'échelle du bassin (bancs 243 à 247, Serre de l'Ane, La Charce; bancs K7 à K9, Cluse d'Aulan, Montbrun-les-Bains et bancs A14 à A19, Ubac du Collet Pointu, Buis-les-Baronnies, coupes *in* Thieuloy, 1977). Le sommet de la zone est caractérisé par quelques bancs calcaréo-marneux pluri-décimétriques (épaisseur moyenne 30-40 cm, bancs 378 à 384) qui annoncent les faciès alternants monotones de l'Hauterivien vocontien.

Association caractéristique : L'espèce-index est fréquente dans la plupart des localités du Bassin vocontien, où elle n'occupe que quelques bancs à la base de la zone à Callidiscus (Thieuloy, 1977). Aux côtés de *N. (T.) callidiscus, N. (T.) pachydicranus* forme type, *Neocomites (T.) flucticulus, Eleniceras transsylvanicum* et *O. (O.) densicostatus* sont les formes les plus fréquentes de la Zone à Callidiscus, bien que l'ensemble de ces espèces passent dans la Zone à Radiatus.

Le reste de la faune (*Jeanthieuloyites, Oosterella,* ...) est trop rare pour être d'une réelle utilité stratigraphique. Les genres boréaux (*Dichotomites* tardifs et *Endemoceras* précoces) sont totalement absents des successions vocontiennes. En faciès de bassin, les *Teschenites* supplantent les *Phyllopachyceras, Bochianites* et *Haploceras (Neolissoceras)* qui dominaient très nettement dans les associations sous-jacentes.

Potentiel et problèmes de corrélation : Bien qu'initialement caractérisée en faciès de bassin, la Zone à Callidiscus peut être identifiée paléontologiquement en faciès de bordure de plate-forme. Dans les séries réduites de l'Arc de Castellane et sur le talus externe des plate-formes péri-vocontiennes, cette unité biochronostratigraphique est le plus souvent affectée par une érosion totale ou partielle (Autran, 1989, Thieuloy *et al.*, 1990, Bulot, 1992 et Bulot *et al.*, 1992). Cette érosion, due à la "transgression hauterivienne", est matérialisée par l'existence d'horizons polyzonaux de condensation, où les faunes de la Zone à Callidiscus sont remaniées avec celles des Zones à Trinodosum et Radiatus.

L'absence d'éléments boréaux dans les coupes vocontiennes limite les corrélations avec la province Nord-Ouest Européenne. Néanmoins, les faunes téthysiennes (*Olcostephanus* du groupe *densicostatus-convolutus-ventricosus* et *Eleniceras* sp.) sont relativement fréquentes en Allemagne du Nord (Quensel, 1987 et Mutterlose, 1992), ce qui permet de paralléliser avec une certaine approximation les zones du Valanginien terminal boréal et vocontien.

Subdivisions : Un horizon à *N. (T.) callidiscus* a été individualisé à la base de la zone, tandis que la partie supérieure ne peut être caractérisée que par défaut (explosion de *N. (T.) pachydicranus* forme type et présence de*N. (T.) flucticulus* sans *Acanthodiscus radiatus*).

Bulot (1990 et 1993) et Reboulet *et al.* (1992) ont successivement individualisé des horizons à *N. (T.) flucticulus* et à *N. (T.) pachydicranus* pour caractériser le sommet de la Zone à Callidiscus. Compte tenu du caractère transitoire de cette faune, il nous semble inutile de maintenir ces unités, d'autant plus que l'acmé de ces deux espèces chevauche la limite Valanginien-Hauterivien. Signalons tout de même que c'est dans les bancs sommitaux de la Zone à Callidiscus que s'individualisent les premières formes intermédiaires conduisant des*Teschenites s. str.* aux *Acanthodiscus* et aux *Breistofferella.*

BIOHORIZON A NEOCOMITES (T.) CALLIDISCUS

Auteurs : Busnardo et Thieuloy, 1979

Espèce-index : *Neocomites (Teschenites) callidiscus* THIEULOY, 1971

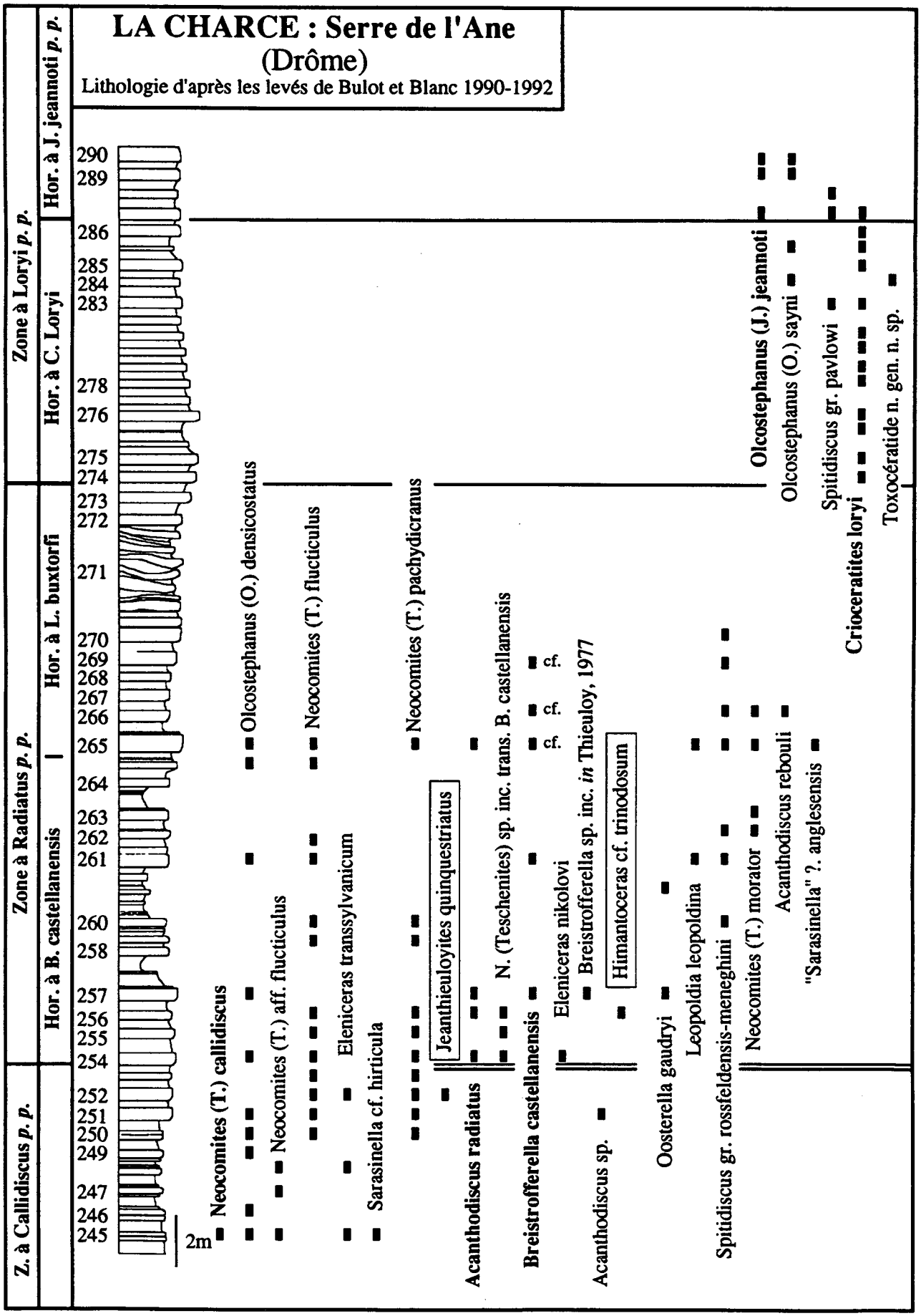
Historique : initialement introduit comme sous-zone par Busnardo et Thieuloy, 1979, l'horizon à *N. (T.) callidiscus* a été depuis adopté par Bulot (1990), Bulot *et al.* (1992), Reboulet *et al.* (1992), Bulot (1993) et Bulot et Thieuloy (1993).

Coupe de référence : la faune de cet horizon est remarquablement bien developpée dans la coupe de La Charce (Drôme), que nous choisissons donc comme coupe de référence (tableaux VII et VIII).

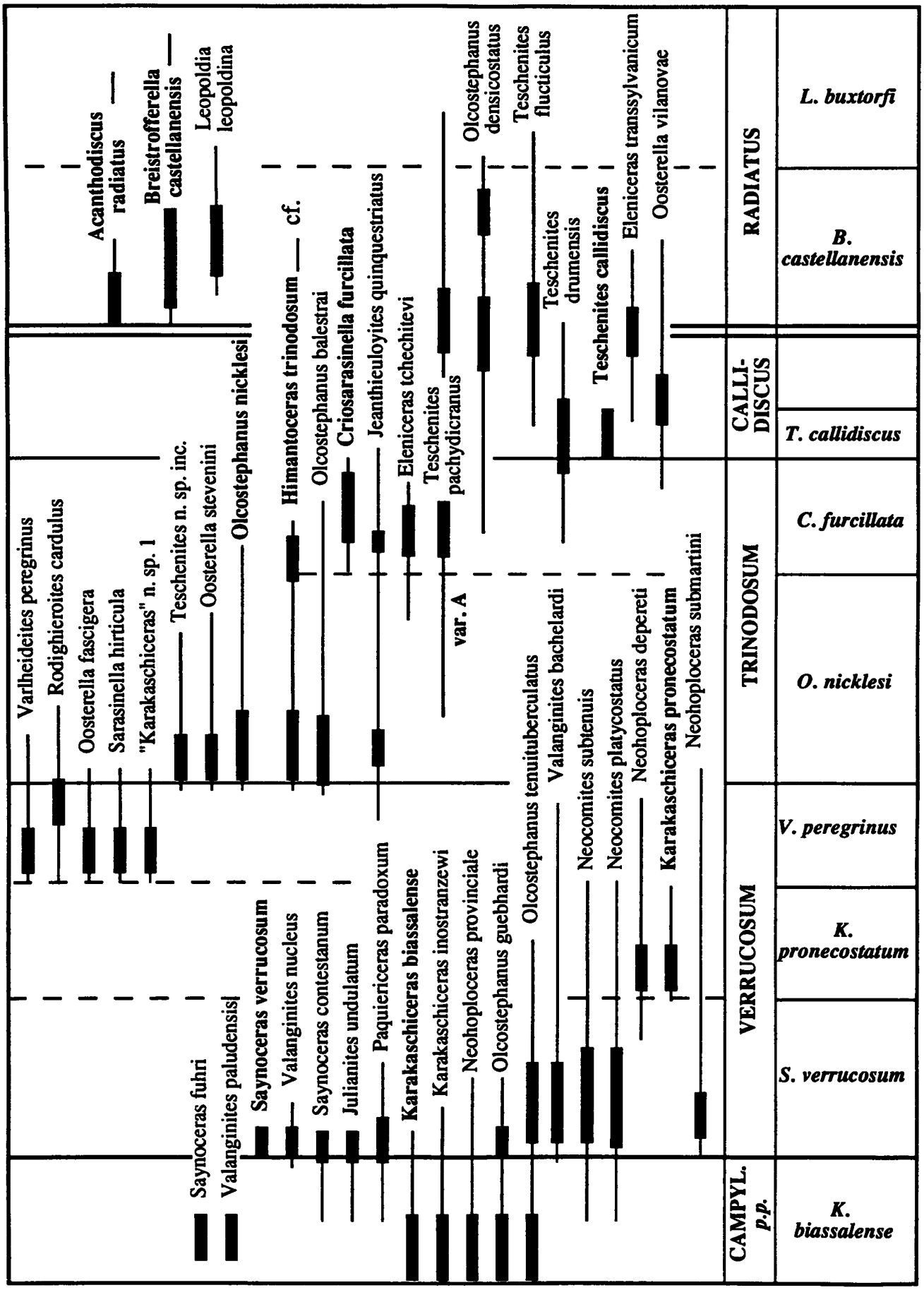
Variabilité de l'index : lors de sa création par Thieuloy (1971), *N. (T.) callidiscus* a fait l'objet d'une bonne étude paléontologique. Même à l'état fragmentaire, ce taxon est facile à reconnaître par sa petite taille adulte, son ombilic étroit et ses flancs lisses. *N. (T.) polygonius* AUTRAN, 1989 et *N. (T.) jodariensis* (DOUVILLÉ, 1906) *non sensu subs. litt.*. se distinguent de *N. (T.) callidiscus* par leur profil anguleux; ces deux taxons pourraient être l'expression d'un morphotype extrême de la forme type.

Limite d'utilisation de l'index : *N. (T.) callidiscus* a une répartition paléogéographique qui couvre essentiellement la partie bassinale du domaine vocontien et de ses marges. En absence de l'index, cet horizon ne peut se distinguer des associations sous- et sus-jacentes que par défaut : abondance relative des *N. (T.) pachydicranus* var. A et *N. (T.) flucticulus* primitifs, fréquence des petites *Oosterella* à carène bordée de sillons du groupe *vilanovae-vidali* et persistance de formes de la Zone à Trinodosum (*Himantoceras trinodosum*).

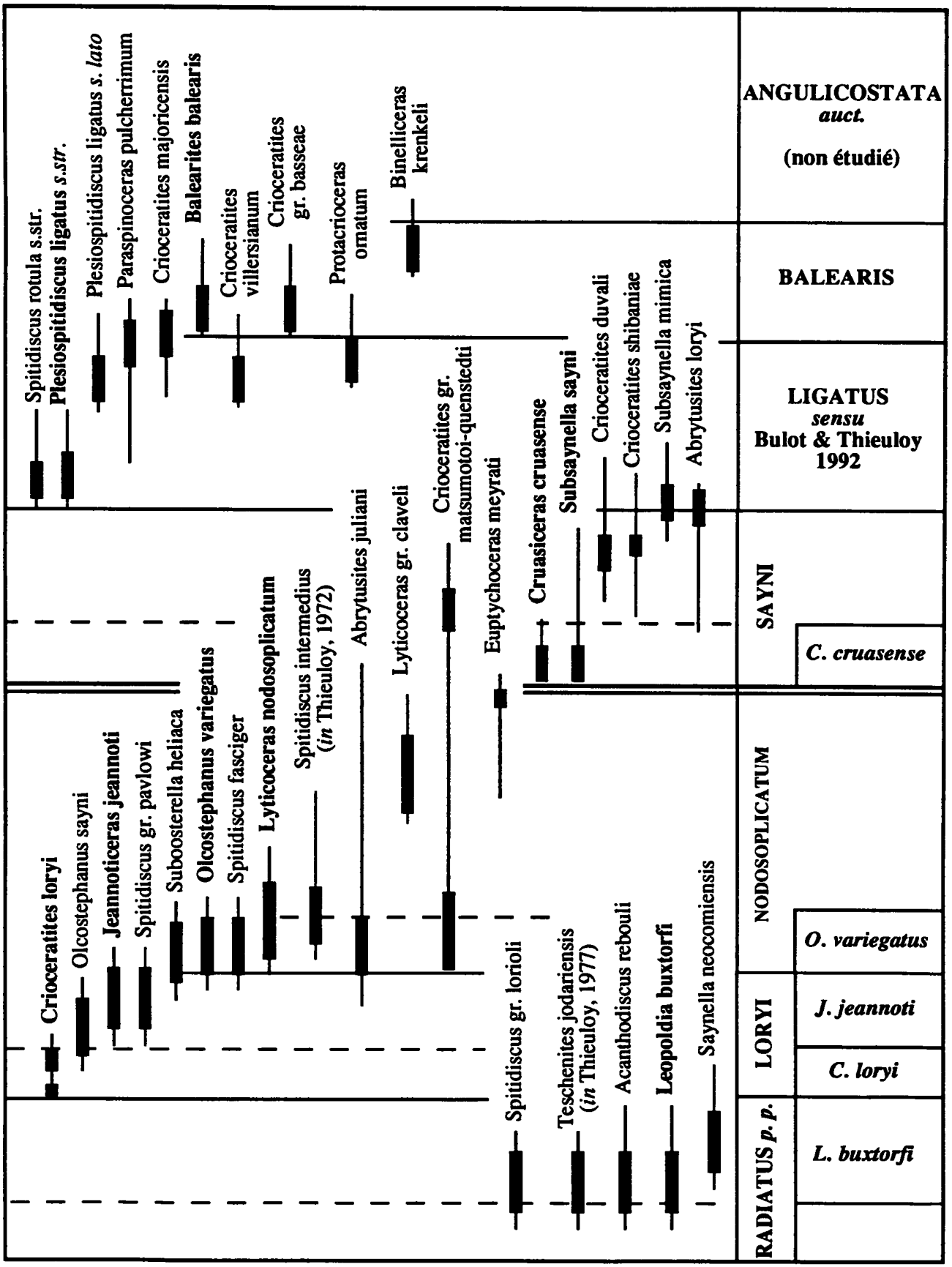
Potentiel et problèmes de corrélation : indépendamment de la présence de l'index dans toutes les coupes de bassin étudiées, nous avons pu caractériser paléontologiquement ce biohorizon dans les dépôts condensés et polyzonaux de quelques séries réduites de l'Arc de Castellane (Autran, 1989 et Bulot, 1990). A l'échelle du Bassin du Sud-Est, le potentiel de



TABL. VIII. - Répartition stratigraphique des principales espèces des zones à Callidiscus, Radiatus et Loryi, récoltées dans la coupe de La Charce (Serre de l'Ane, cf. fig. 2); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras. Les espèces encadrées sont des espèces valanginiennes en situation attardée.



TABL. IX. - Répartition stratigraphique des principales espèces rencontrées dans l'ensemble des coupes étudiées en ce qui concerne le Valanginien (de la zone à Campylotoxus *p.p.* à la zone à Callidiscus) et l'Hauterivien basal (zone à Radiatus). Les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.



TABL. X. - Répartition stratigraphique des principales espèces rencontrées dans l'ensemble des coupes étudiées en ce qui concerne l'Hauterivien (de la zone à Radiatus *p. p.* à la zone à Balearis). Les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

corrélation de l'horizon à *N. (T.) callidiscus* est donc relativement faible. Bien que, *N. (T.) callidiscus* n'ait été reconnu que dans quelques bassins sédimentaires de la Téthys méditerranéenne (Cordillères bétiques et Balkans), l'espèce a été retenue comme index de l'horizon terminal de la zonation standard méditerranéenne (Hoedemaecker et Company, 1993).

4.2. Hauterivien inférieur

4.2.1. Zone à Radiatus

Auteur : Paquier, 1900

Espèce-index : *Acanthodiscus radiatus* (BRUGUI ERE, 1789)

Historique : Depuis sa création par Paquier (1900), la Zone à Radiatus n'a pas fait l'objet de modifications significatives. Thieuloy (1977) a fourni une analyse détaillée de son contenu faunique en faciès de bassin. La Zone à Radiatus est définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition de *Crioceratites loryi*, marqueur de la zone suivante

Coupe de référence : Thieuloy (1977, p. 124-125) a clairement désigné la coupe de La Charce comme localité-type de la Zone à Radiatus et a fixé **son "Golden-Spike" à la base du banc 254 (=B35b).** Nous maintenons cette position malgré notre récente découverte d'un fragment d'*Acanthodiscus* sp. dans le banc 251 et la citation du genre *Acanthodiscus* par Reboulet *et al.* (1992) dans le banc 252 La lithologie qui caractérise la Zone à Radiatus à l'échelle du Bassin vocontien est parfaitement représentée à La Charce.

Dans cette coupe, la zone à Radiatus montre une alternance de bancs calcaires massifs et d'interlits marneux. Dans la partie inférieure (horizon à *B. castellanensis*), la régularité de l'alternance est seulement perturbée par la présence de bancs métriques (257, 261, 263, 265 et 270 - 70 à 90 cm -) et de deux vires marneuses sombres (**VM 2**, banc 257a et **VM 3**, banc 263a). Le sommet de la zone à Radiatus (horizon à *L. buxtorfi*) est perturbée par un slump.

Il nous a été possible d'établir le potentiel de corrélation de certaines de ces particularités lithologiques à l'échelle du bassin. Ainsi, les bancs métriques existent dans la même position stratigraphique à Angles (bancs 386, 391, 396 et 401), à Buis-les-Baronnies (bancs A29, A23 et A25) et à Montbrun-les-Bains (bancs K22, K33, K37 et K39) (coupes *in* Thieuloy, 1977). Il en est de même des vires marneuses **VM 2** et **VM 3** (392-393 à Angles, A30a-31 et A37a-38 à Buis-les-Baronnies et K23a à Montbrun). En opposition avec les niveaux sous-jacents, la lithologie de l'horizon à *L. buxtorfi*, est extrêmement variable d'un point à un autre du bassin : slumps calcaires coiffés par des calcaires finement détritiques, alternances marno-calcaires bien rythmées, calcaires à silex. En faciès de bassin, le passage à l'Hauterivien est marqué globalement par un changement lithologique qui se traduit par un accroissement de la puissance des bancs calcaires et l'acquisition d'une cyclicité dans l'alternance. Quelques vires marneuses sombres s'intercalent dans la série et reposent le plus souvent sur des bancs métriques.

Variabilité de l'index : Le contenu du groupe d'*Acanthodiscus radiatus* a récemment fait l'objet d'une révision par Thieuloy *in* Busnardo et Thieuloy, 1989. Dans sa conception actuelle, cette espèce regroupe les formes à apparition précoce de la trituberculation et à trifurcation des côtes primaires. Parallèlement à ce taxon, il est possible de reconnaître deux autres ensembles morphologiques : le groupe *ottmeri-pseudoradiatus*, à trituberculation tardive et bande siphonale étroite, qui est cantonné à la partie inférieure de la zone, et le groupe *rebouli*, à trituberculation précoce, côtes secondaires régulièrement bifurquées et bande siphonale large, qui semble s'individualiser plus tardivement.

Association caractéristique : *Acanthodiscus radiatus* est peu fréquent dans les localités du Bassin vocontien, mais une recherche patiente conduit toujours à la découverte de quelques spécimens. En son absence, *Breistrofferella castellanensis* et formes affines (Thieuloy, 1977) remplacent l'index bien qu'il y ait un léger décalage dans leur apparition. Les *Leopoldia* semblent s'individualiser dès la base de la Zone à Radiatus sur les plates-formes ennoyées péri-vocontiennes, mais elles sont très rares en faciès de bassin.

Le reste de la faune est composé de taxons déjà apparus dans la Zone à Callidiscus, tels que *N. (T.) pachydicranus* forme type, *N. (T.) flucticulus*, *E. transsylvanicum* et *O. (O.) densicostatus*. Ces formes héritées du Valanginien sont surtout fréquentes à la base de l'horizon à *B. castellanensis* et sont progressivement relayées par des espèces qui caractérisent la partie supérieure de la zone : *N. (T.) morator*, *N. (T.) muretensis*, *Leopoldia* du groupe *leopoldina* et *Spitidiscus* du groupe *rossfeldensis-meneghini*. Les genres boréaux *Endemoceras* et *Distoloceras* sont totalement inconnus dans les associations vocontiennes. En faciès de bassin, les *Phyllopachyceras*, *Bochianites* et *Haploceras (Neolissoceras)* sont toujours supplantés par les *Neocomitidae*.

Potentiel et problèmes de corrélation : Bien qu'initialement définie en faciès de bassin (Paquier, 1900, p. 126), la Zone à Radiatus est aisément identifiable en faciès de plate-forme du fait de l'abondance des *Acanthodiscus*, comme en témoigne la fréquence de ce genre dans les affleurements de la plate-forme ennoyée du Jura ("Marnes d'Hauterive"). Dans les séries hémipélagiques et sur le talus externe des plates-formes péri-vocontiennes, la Zone à

Radiatus est souvent condensée dans des horizons polyzonaux où les faunes du Valanginien terminal sont remaniées (Autran, 1989, Thieuloy *et al.*, 1990, Bulot, 1992 et Bulot *et al.*, 1992). Localement, elle peut être totalement (Trigance, Var) ou partiellement érodée (Romeyer, Drôme).

L'absence d'éléments boréaux dans les coupes vocontiennes limite les corrélations avec la province Nord-Ouest Européenne. De plus, le genre *Acanthodiscus* est un élément peu fréquent des associations de l'Hauterivien basal d'Allemagne du Nord (Kemper *et al.*, 1981, Quensel, 1987 et Mutterlose, 1992). Les rares spécimens trouvés en place (sommet de la zone à *amblygonium* et base de la zone à *noricum*) sont les formes à bande siphonale large qui permettent de paralléliser approximativement la base de la biozone à *noricum* avec la partie moyenne de la Zone à Radiatus.

Subdivisions : La Zone à Radiatus peut être subdivisée en deux biohorizons : horizons à *Breistrofferella castellanensis* et à *Leopoldia buxtorfi*. Ces deux associations successives sont aisément identifiables sur les bordures de plate-forme. Leur reconnaissance en faciès de bassin est parfois beaucoup plus délicate.

BIOHORIZON A BREISTROFFERELLA CASTELLANENSIS

Auteurs : Bulot et Thieuloy *in* Bulot *et al.*, 1992

Espèce-index : *Breistrofferella castellanensis* (D'ORB., 1841)

Historique : cet horizon est défini ici pour la première fois.

Coupe de référence : la faune de cet horizon est bien developpée dans la coupe de La Charce (Drôme), que nous choisissons donc comme coupe de référence (tableau VIII).

Variabilité de l'index : le choix de l'index a été fait dans un souci de réhabilitation de ce taxon qui remplace le plus souvent *A. radiatus* pour caractériser l'Hauterivien basal péri-méditerranéen (Thieuloy, 1977, Memmi, 1981 et Company, 1987). *B. castellanensis* est une forme remarquablement plastique et les rapports exacts entre *N. (T.)* sp. inc. transiens *B. castellanensis, B. varappensis* et la forme type restent flous. Une révision globale du genre et de ses rapports exacts avec les *Acanthodiscus* (dimorphisme) serait vivement souhaitable. Nos résultats préliminaires semblent montrer que le groupe *varappensis* est cantonné dans la partie basale de l'horizon, tandis que les formes sommitales montrent une nette réduction de taille.

Limite d'utilisation de l'index : la fréquence de *B. castellanensis* est bien supérieure à celle de *A. radiatus* dans les coupes étudiées ce qui fait de ce taxon un marqueur remarquable. Mis à part les *Acanthodiscus*, la faune associée est essentiellement héritée du Valanginien terminal (*Teschenites, Eleniceras, Olcostephanus, Oosterella*, ...). Dans la partie supérieure de l'horizon apparaissent les premiers *Spitidiscus* du groupe *meneghini-rossfeldensis, N. (T.) morator* THIEULOY et BULOT, 1992, ainsi que des formes affines de *N. (T.) muretensis* et *N. (T.) jodariensis* Thieuloy, 1977 *non* DOUVILLÉ (voir répartition *in* Thieuloy, 1977).

Potentiel et problèmes de corrélation : l'index est fréquent dans toutes les coupes de bassin étudiées, ainsi que dans les dépôts des plates-formes nord-provençale et jurassienne (Autran, 1989 et Bulot, 1990). La faune de l'horizon à *B. castellanensis* représente d'ailleurs une part non négligeable des faunes des horizons polyzonaux de condensation de l'Arc de Castellane. A l'échelle du Bassin du Sud-Est, le potentiel de corrélation de l'horizon à *B. castellanensis* est donc élevé. Rappelons ici que *B. castellanensis* est l'index de la biozone basale de l'Hauterivien en Espagne et en Tunisie.

BIOHORIZON A LEOPOLDIA BUXTORFI

Auteurs : Bulot et Thieuloy *in* Bulot *et al.*, 1992

Espèce-index : *Leopoldia buxtorfi* BAUMBERGER, 1905

Historique : cet horizon est défini ici pour la première fois.

Coupe de référence : en raison de l'absence de l'index dans les successions de bassin, nous ne sommes pas en mesure de proposer une coupe de référence. Cependant, la faune de l'horizon à *L. buxtorfi* est bien connue dans les séries réduites de l'Arc de Castellane (Bulot et Thieuloy *in* Arnaud et Bulot, 1992) ce qui nous permet de caractériser cette unité à La Charce.

Variabilité de l'index : le choix de l'index est lié à son abondance dans les affleurements des plates-formes péri-vocontiennes, où ce biohorizon a initialement été reconnu. *L. buxtorfi* a été récemment révisée par Thieuloy *in* Busnardo et Thieuloy (1979, p. 131-132).

Limite d'utilisation de l'index : *L. buxtorfi* a une répartition paléogéographique strictement limitée aux plates-formes péri-vocontiennes où elle est associée aux *Spitidiscus* des groupes *meneghini-rossfeldensis* et *lorioli*. Ces taxons permettent donc d'identifier avec une certaine approximation l'horizon à *L. buxtorfi* en faciès de bassin. Après l'acmé des *Teschenites morator* et *muretensis*, cet horizon voit l'extinction des *Teschenites* et des *Oosterella*, tandis qu'apparaissent les premiers *Crioceratites* du groupe *nolani*.

Potentiel et problèmes de corrélation : l'index est inconnu dans l'ensemble des coupes de bassin étudiées, mais fréquent dans les séries réduites péri-vocontiennes, où la faune de l'horizon à *L. buxtorfi* représente une part importante de l'assemblage des

horizons polyzonaux de condensation. A l'échelle du Bassin vocontien, le potentiel de corrélation de l'horizon à *L. buxtorfi* est lié à l'ubiquité des *Spitidiscus* gr. *meneghini-rossfeldensis* et *lorioli*. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de déterminer les potentialités de corrélation de cette nouvelle unité en dehors du Bassin du Sud-Est de la France.

4.2.2. *Zone à Loryi*

Auteurs : Moullade et Thieuloy, 1967

Espèce-index : *Crioceratites loryi* (SARKAR, 1955)

Historique : Depuis sa création par Moullade et Thieuloy (1967), la zone à *loryi* n'a pas fait l'objet de modifications fondamentales. Seule sa limite supérieure a été rehaussée par Busnardo (1984), incluant ainsi la plus grande partie de la zone à *jeannoti* de Moullade et Thieuloy, 1967. Telle que nous la concevons ici, la Zone à Loryi est donc définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition de *Lyticoceras nodosoplicatum*, marqueur de la zone suivante. Elle peut être subdivisée en deux biohorizons successifs (horizons à *C. loryi* et *O. (J.) jeannoti*), dont le contenu faunique est détaillé ci-dessous.

Coupe de référence : c'est à partir des associations d'ammonites qui caractérisent les lentilles à Pérégrinelles (Rottier, Drôme) que Thieuloy (1972) décrit pour la première fois les successions des zones à *loryi* et *jeannoti*. Malheureusement, tant du point de vue lithologique que faunique, les coupes de Rottier sont atypiques. Nous désignons ici, la coupe de La Charce comme localité-type de la Zone à Loryi et **plaçons son "Golden-Spike" à la base du banc 274.** La lithologie qui caractérise la Zone à Loryi à l'échelle du Bassin vocontien est bien représentée à La Charce. Dans cette coupe, la partie inférieure de la zone à Loryi montre une alternance bien rythmée de bancs calcaires et d'interlits marneux pluridécimétriques (30-40 cm). Dans la partie supérieure (sommet de l'horizon à *C. loryi*), la régularité de l'alternance est perturbée par la une vire marneuse sombre (**VM 4**, banc 285a) qui est coiffée par un banc massif (banc 286) où l'espèce-index est particulièrement abondante. Le sommet de la zone (horizon à *O. (J.) jeannoti*) est perturbé par un slump.

La vire marneuse **VM 4** a été reconnue dans plusieurs coupes (Le Poët-en-Percip, Salérans, Les Comments, Courchons...). Elle y est systématiquement associée à un banc présentant, tout comme au Serre de l'Ane une taphonomie particulière. Dans ce banc, les exemplaires de *C. loryi* sont enchevêtrés en tous sens, non déformés par la compaction, le plus souvent préservés avec leur test recalcifié, et montrent une patine verdâtre sur la chambre d'habitation. De même, bien que la lithologie de l'horizon à *O. (J.) jeannoti* soit assez variable d'un point à un autre du bassin, cette partie de la Zone à Loryi est généralement affectée par des slumps calcaires d'extension verticale variable.

Association caractéristique : Globalement, l'association de la Zone à Loryi se caractérise par la faible diversité de sa faune. En faciès de bassin, l'espèce-index est largement dominante, accompagnée par les premiers *Crioceratites* du groupe *nolani* et les *Olcostephanus* du groupe *sayni* qui ne deviennent fréquents qu'au sommet de la zone. La plupart des Néocomitides ont disparu à l'exception des *Saynella* tandis que *Bochianites* gr. *oosteri*, *Phyllopachyceras winkleri*, *P. infundibulum* et *Haploceras (Neolissoceras) grasianum* sont des éléments accessoires de l'association. Le sommet de la zone est caractérisé par l'explosion des *Spitidiscus* du groupe *pavlowi* et des *Jeannoticeras*.

Potentiel et problèmes de corrélation : Initialement définie en faciès de bassin (Thieuloy et Moullade, 1967), la Zone à Loryi est difficilement identifiable en faciès de plate-forme comme en témoigne l'absence de l'espèce-index dans les affleurements de la plate-forme ennoyée du Jura (Busnardo et Thieuloy, 1989). Dans les séries hémipélagiques et sur le talus externe des plates-formes péri-vocontiennes, la Zone à Loryi est le plus souvent condensée ou remaniée dans des horizons polyzonaux où les faunes du Valanginien terminal et de l'Hauterivien basal sont représentées (Autran, 1989, Bulot, 1990, Thieuloy *et al.*, 1990, Bulot, 1992 et Bulot *et al.*, 1992). Localement, elle peut être totalement ou partiellement absente par hiatus et/ou érosion.

L'absence d'éléments boréaux dans les coupes vocontiennes (*Endemoceras* et formes affines) limite les corrélations avec la province Nord-Ouest Européenne. Néanmoins, les genres *O. (Jeannoticeras)*, *O. (Olcostephanus)* et *Spitidiscus* qui caractérisent la partie supérieure de la Zone à Loryi y sont relativement fréquents. Il est donc possible de paralléliser le tiers supérieur de la Zone à Regale avec la partie supérieure de la Zone à Loryi.

Subdivisions : La Zone à Loryi peut être subdivisée en deux biohorizons : horizons à *Crioceratites loryi* et à *Olcostephanus (Jeannoticeras) jeannoti*. Ces deux associations successives sont aisément identifiables tant en faciès de bassin que dans les alternances hémipélagiques nord-vocontiennes. Dans l'Arc de Castellane et sur la plate-forme helvétique, l'horizon basal à *C. loryi* est le plus souvent absent ou remanié avec des faunes caractéristiques de la zone à Radiatus (Autran, 1989 et Bulot, 1990).

BIOHORIZON A CRIOCERATITES LORYI

Auteurs : Bulot et Thieuloy *in* Hoedemaeker et Bulot, 1990

Espèce-index : *Crioceratites loryi* (SARKAR, 1955)

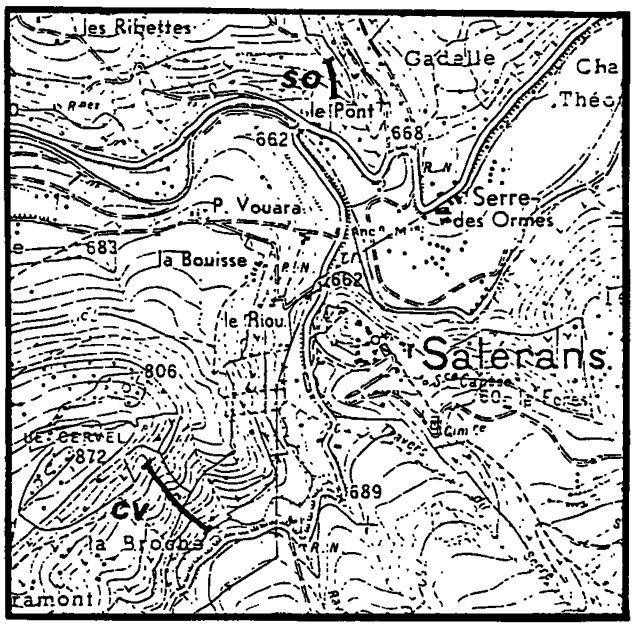


FIG. 5. - Situation des coupes de Salérans (*cv* : Le Cervel, *so* : Serre des Ormes). 1/25.000.

Historique : cet horizon est formellement défini ici pour la première fois.

Coupe de référence : la faune de cet horizon est bien développée dans la coupe de La Charce (Drôme), que nous choisissons comme coupe de référence (tableau VIII). La coupe de Salérans (tableau XI) nous a donné des informations supplémentaires sur l'assemblage du sommet de l'horizon à *C. loryi*.

Variabilité de l'index : *Crioceratites loryi* a été initialement révisé par Thieuloy (1972), tandis que sa variabilité a été étudiée par Ropolo (1991). Nous adoptons ici la synonymie proposée par ces deux auteurs et nous renvoyons à leurs publications pour la discussion des relations entre cette espèce et les formes plus récentes du groupe *duvali*.

Limite d'utilisation de l'index : comme pour l'ensemble des *Crioceratitinae* et indépendamment des phénomènes de hiatus ou d'érosion, *C. loryi* est beaucoup plus fréquent dans le bassin que sur les bordures de plate-forme. En l'absence de l'index, Busnardo et Thieuloy (1989, p. 133 et 141) suggèrent que *Saynella neocomiensis* caractérise l'horizon à *C. loryi*. Il n'est pas exclu que la faune basale de ce biohorizon comporte un ensemble d'éléments reliques de la Zone à Radiatus telles que des formes évoluées d'*Acanthodiscus radiatus* et de *Breistrofferella castellanensis*.

Potentiel et problèmes de corrélation : bien que l'index soit fréquent dans toutes les coupes de bassin étudiées, sa rareté dans les dépôts des plates-formes nord-provençale et jurassienne limite le potentiel de corrélation du biohorizon qu'il caractérise. Par ailleurs, la pauvreté de la faune de l'horizon à *C. loryi* constitue un handicap supplémentaire pour sa reconnaissance à l'échelle d'un bassin sédimentaire. Dans l'Arc de Castellane et dans le Jura neuchâtelois, la partie supérieure de l'horizon à *C. loryi* caractérisée par l'association de l'index avec *Saynella neocomiensis*, *O. (O.) sayni* et *Spitidiscus* gr. *pavlowi* repose directement sur l'horizon à *L. buxtorfi*. Ceci suggère l'existence d'une lacune de cette partie de l'Hauterivien inférieur sur le talus interne des plates-formes péri-vocontiennes.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de déterminer les potentialités de corrélation de cette nouvelle unité en dehors du Bassin du Sud-Est de la France, bien que l'espèce-index ait été signalée en Tunisie, en Espagne, en Bulgarie et en Tchécoslovaquie.

BIOHORIZON A OLCOSTEPHANUS (JEANNOTICERAS) JEANNOTI

Auteurs : Moullade et Thieuloy, 1967

Espèce-index : *Olcostephanus (Olcostephanus) jeannoti* (D'ORBIGNY, 1841)

Historique : Thieuloy (1972) a brièvement décrit l'association de la zone à *O. (J.) jeannoti* précédemment introduite par Moullade et Thieuloy, 1967 sans préciser les limites de son extension verticale. Après avoir été abandonnée par Busnardo (1984), cette unité a été réintroduite comme sous-zone (Bulot, 1990), puis comme biohorizon de la biozone à *C. loryi* (Bulot et Thieuloy *in* Hoedemaeker et Bulot, 1990). Cet horizon est formellement défini ici pour la première fois.

Coupe de référence : la faune de cet horizon est bien developpée tant dans la coupe de La Charce (Drôme) que dans la coupe de Salérans, que nous choisissons comme coupes de référence (tableaux VIII, XI et XII).

Variabilité de l'index : le contenu du sous-genre *Jeannoticeras* et la variabilité de son générotype : *Olcostephanus (J.) jeannoti* ont été récemment révisés par Bulot (1990). Compte tenu de l'importance de cette espèce pour les corrélations à longue distance, nous souhaitons rappeler ici la synonymie admise par cet auteur :

1841 - *Ammonites jeannoti* D'ORBIGNY, p. 188, pl. 56, fig. 3-5.
1909 - *Astieria jeannoti* var. *crassissima* WEGNER, p. 27-28, pl. 17, fig. 1.
1914 - *Astieria auriculata* ZWIERZYCKI, p. 55-56, pl. 6, fig. 12-13, 17-19 et 22-23.
1914 - *Holcostephanus frequens* ZWIERZYCKI, p. 51-53, pl. 6, fig. 1-5, 10-11 et 14-15.
1944 - *Astieria jeannoti* (D'ORB.) Tzankov, p. 189, pl. 1, fig. 1-2 , pl. 2, fig. 1-2.
1967 - *Olcostephanus (Olcostephanus) jeannoti* (D'ORB.), Dimitrova, p. 91, pl. 45, fig. 2.
1976 - *Olcostephanus (Jeannoticeras) jeannoti* (D'ORB.), Mandov, p. 71-72, pl. 12, fig. 1.

1989 - *Olcostephanus (Jeannoticeras) jeannoti* (D'ORB.), Doyle, p. 181, fig. 5d-e.

Limite d'utilisation de l'index : *O. (J.) jeannoti* est fréquent tant en faciès de bassin que de bordure de plate-forme. Dans la mesure où son acrozone dépasse l'extension du biohorizon qu'il nomme, seule l'association de l'index avec *O. (O.) sayni, Spitidiscus* gr. *pavlowi* et *Abrytusites thieuloyi* permet de caractériser avec certitude l'horizon à *O. (J.) jeannoti.*

En faciès de bassin, ce biohorizon est caractérisé par l'apparition de plusieurs formes de *Crioceratitinae* dont *Crioceratites quenstedti* (= *Crioceratites curnieri* Ropolo, 1991 *pro parte*), ainsi que les premières formes à enroulement pré-aspinocératide (*Crioceratites gignouxi*), acriocératide (*"Acrioceras" (Protacrioceras) puzosianum* et *Garroniceras morloti*) ou toxocératide (Toxocératide nov. gen. nov. sp.). En faciès de bordure de plate-forme, l'association à *O. (J.) jeannoti* est caractérisée par l'abondance de *Saynella clypeiformis* qui semble même apparaître dès le sommet de l'horizon à *C. loryi.*

Potentiel et problèmes de corrélation : bien que l'index soit fréquent dans la plupart des coupes étudiées, cet assemblage n'a pas été reconnu sur la plate-forme jurassienne (Busnardo et Thieuloy, 1989 et Bulot, 1992). La comparaison avec les successions de l'Arc de Castellane suggère que dans le Jura, la première apparition de *Saynella clypeiformis* coïncide approximativement avec la base de l'horizon à *O. (J.) jeannoti.*

La vaste extension géographique du sous-genre *Jeannoticeras* permet d'envisager l'existence de niveaux équivalents à l'horizon à *O. (J.) jeannoti*, non seulement dans l'ensemble des bassins péri-méditérranéens, mais aussi en Afrique orientale (Tanzanie), dans les Andes (Pérou) et en Amérique centrale (Mexique). D'autre part l'association à *O. (J.) jeannoti, O. (O.) sayni* et *Spitidiscus pavlowi* qui caractérise la partie supérieure de la Zone sub-boréale à Regale en Grande-Bretagne [Speeton, Yorkshire (Rawson, 1971)] autorise une corrélation extrêmement précise avec l'horizon mésogéen à *O. (J.) jeannoti.*

4.2.3. Zone à Nodosoplicatum

Auteurs : Moullade et Thieuloy, 1967

Espèce-index : *Lyticoceras nodosoplicatum* (KILIAN ET REBOUL, 1915)

Historique : Depuis sa création par Moullade et Thieuloy (1967), la zone à *nodosoplicatum* a fait l'objet de plusieurs modifications fondamentales. Ainsi, sa limite supérieure a été abaissée lors de l'individualisation de la zone à *cruasense* au sommet de l'Hauterivien inférieur (Thieuloy *et al.*, 1983 et Busnardo, 1984). Depuis, le groupe de travail "Céphalopodes" du PICG 262 (Hoedemaeker et Bulot, 1990) a introduit la zone à *cruasense* au rang de sous-zone au sein de la zone à *nodosoplicatum*, caractérisant le sommet de l'Hauterivien inférieur, position conforme à la définition originelle de Thieuloy (1977a).

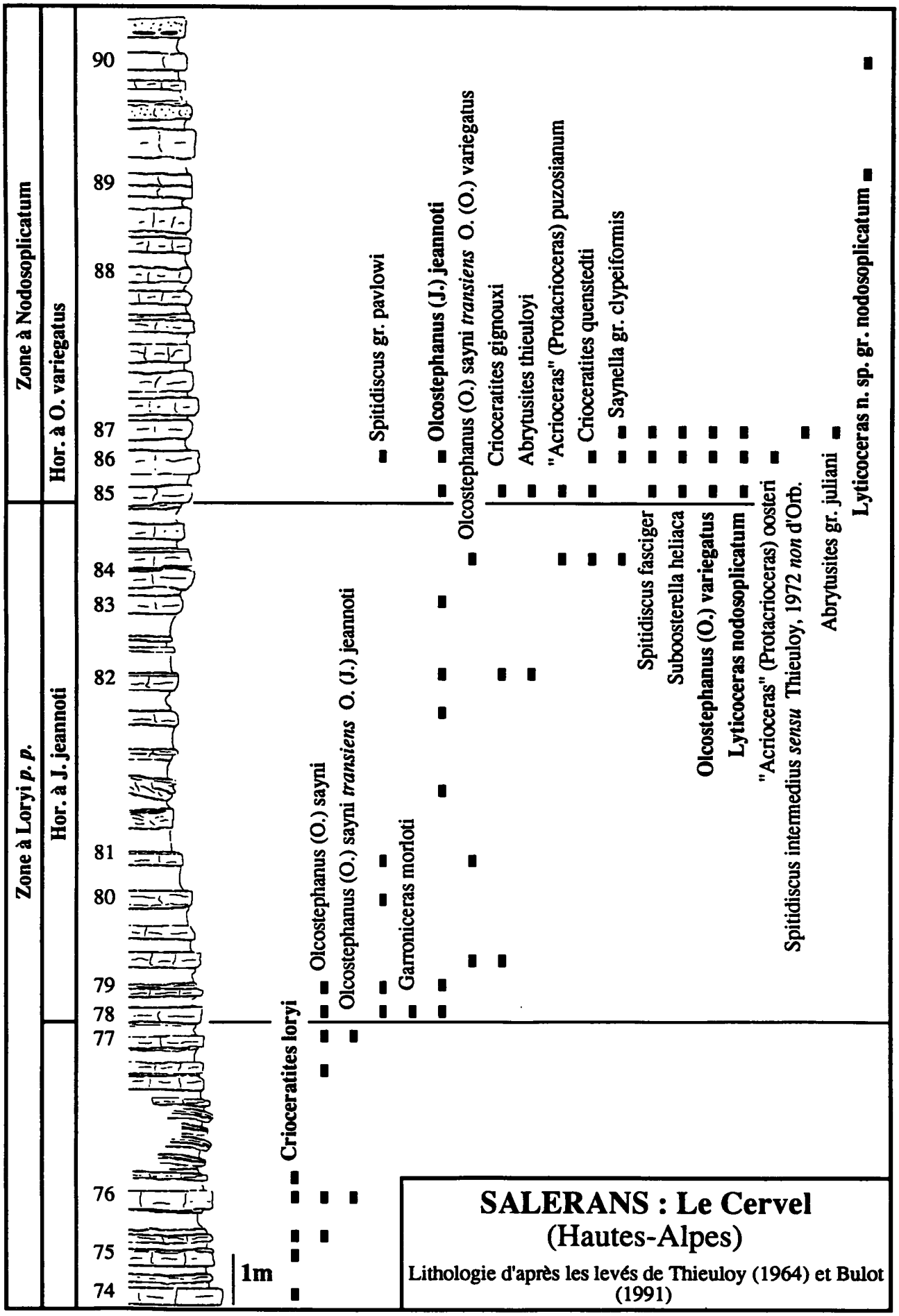
La découverte au sein des bancs à *Cruasiceras cruasense* (Terre-Masse, La Charce, Vergons,...) de formes oxycônes appartenant indubitablement à *Subsaynella sayni*, nous a conduit à revoir entièrement cette conception. La Zone à Nodosoplicatum est donc actuellement définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition de *Subsaynella sayni*, marqueur de la zone suivante.

Coupe de référence : A Salérans, l'Hauterivien "moyen" est extrêmement fossilifère et permet de caractériser parfaitement l'horizon basal à *O. (O.) variegatus*. La succession hauterivienne peut être observée en détail dans les ravins qui entaillent le flanc sud-ouest de la colline du Cervel. Ces coupes présentent l'avantage de préciser les associations d'ammonites au passage entre les Zones à Loryi et Nodosoplicatum, alors qu'à La Charce ce niveau est perturbé par un slump. Bien que ce phénomène de remaniement gravitaire affecte aussi la coupe du Cervel, son extension verticale y est réduite et la richesse des faunes qui l'encadrent y est remarquable. Nous désignons donc la coupe du Cervel comme localité-type de la Zone à Nodosoplicatum et **plaçons son "Golden-Spike" à la base du banc 85** (tableau XI).

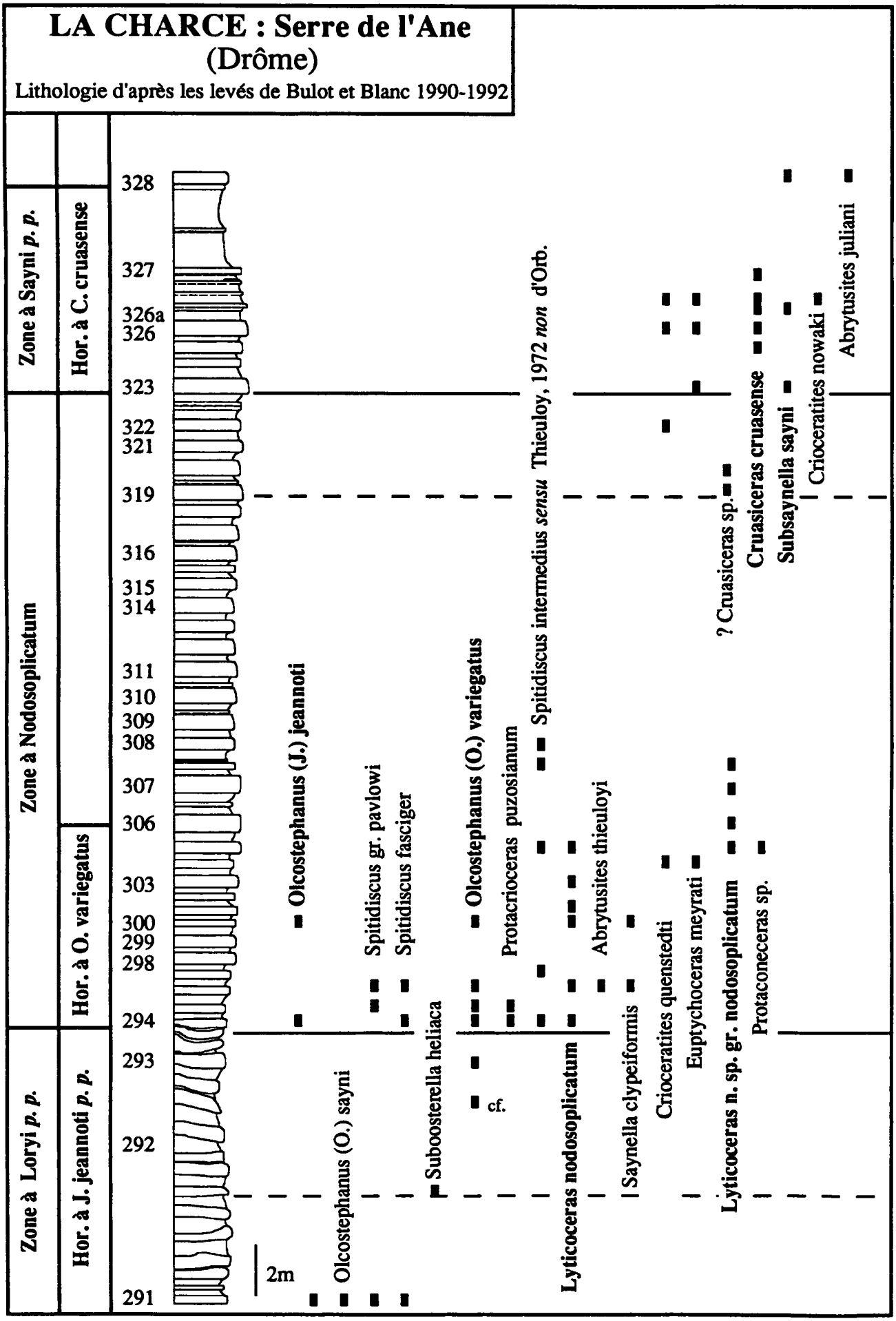
La lithologie de la Zone à Nodosoplicatum est caractérisée par une alternance bien rythmée de bancs calcaires et d'interlits marneux pluridécimétriques (30-40 cm) très fréquemment perturbés par des remaniements gravitaires dont l'extension verticale est extrêmement variable à l'échelle du Bassin vocontien. Localement la partie supérieure de la zone montre des bancs à silex finement bioclastiques.

Variabilité et limites d'utilisation de l'index : La variabilité de *Lyticoceras nodosoplicatum* n'a jamais fait l'objet d'une étude détaillée. Cependant dans l'ensemble des coupes que nous avons étudiées nous avons constaté que ce sont les *Lyticoceras* à morphologie proche de *L. nodosoplicatum* qui apparaissent en premier. Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que l'acrozone de ce genre couvre exactement l'extension verticale de la zone qu'il caractérise. Une révision globale de ce taxon permettrait probablement de distinguer plusieurs grades évolutifs. Nous rappelons ici que nous acceptons la définition du genre *Lyticoceras* telle qu'elle a été proposée par Thieuloy (1971) et Kemper *et al.* (1981).

Association caractéristique : L'association de la Zone à Nodosoplicatum se caractérise par une importante diversité qui décroît avec le temps. En faciès de bassin, l'espèce-index relativement peu fréquente est accompagnée à la base par de nombreux *Spitidiscus* et *Olcostephanus* dont les espèces : *S.*



TABL. XI. - Répartition stratigraphique des principales espèces rencontrées dans la coupe de Salérans (Le Cervel, cf. fig. 5); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.



TABL. XII. - Répartition stratigraphique des principales espèces des zones à Loryi, Nodosoplicatum et Sayni, récoltées dans la coupe de La Charce (Serre de l'Ane, cf. fig. 2); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

intermedius Thieuloy *non* D'ORB. et *O. (O.) variegatus*. Le reste de la faune se compose essentiellement de formes déjà apparues dans le sommet de la Zone à Loryi (*Saynella clypeiformis, Abrytusites thieuloyi, Crioceratites quenstedti, C. gignouxi, "Acrioceras" (Protacrioceras) puzosianum, Spitidiscus fasciger,...*). Ce même assemblage, dominé par les *Lyticoceras* est connu dans la plupart des successions de l'Arc de Castellane.

Le sommet de la zone est caractérisé par l'évolution des *Lyticoceras* vers de grandes formes très ornées sur les bordures de plates-formes (*Lyticoceras* groupe *paludensis-claveli*) et vers des formes de taille moyenne à ornementation effacée en faciès de bassin (*Lyticoceras cryptoceras in* Kemper *et al.*, 1981, pl. 42, 1-2 et 6-10). La plupart des formes qui caractérisent la base de la zone disparaissent, tandis que s'individualisent de nouvelles espèces d'hétéromorphes : *Crioceratites matsumotoi sensu* Immel, 1978 et *Euptychoceras meyrati*. Il est à noter que tout au long de la zone les *Bochianites* gr. *oosteri, Phyllopachyceras winkleri, P. infundibulum* et *Haploceras (Neolissoceras) grasianum* sont toujours des éléments accessoires de l'association.

Potentiel et problèmes de corrélation : Initialement définie en faciès de bassin (Thieuloy et Moullade, 1967), la Zone à Nodosoplicatum est aisément identifiable en faciès de plate-forme comme en témoigne l'abondance de l'espèce-index dans les affleurements de la plate-forme ennoyée nord-provençale (Autran, 1989 et Bulot, 1990). Dans les séries hémipélagiques et sur le talus externe de la plate-forme jurassienne, la Zone à Nodosoplicatum est caractérisée par d'épaisses séries alternantes datées par de rares représentants du genre *Lyticoceras* (Thieuloy *et al.*, 1983; Arnaud-Vanneau *et al.*, 1987; Busnardo et Thieuloy, 1989, ...).

L'absence d'éléments boréaux dans les coupes vocontiennes (*Simbirskites* et formes affines) est compensée par l'existence de *Lyticoceras* gr. *nodosoplicatum*, de *Spitidiscus* gr. *fasciger*, d'*O. (O.) variegatus* et de *O. (Jeannoticeras) jeannoti* à la base de la Zone à Inversum à Speeton [Yorkshire, Grande-Bretagne (Doyle, 1989)]. Il est donc possible de corréler la base de la Zone à Inversum avec la base de la Zone à Nodosoplicatum.

Subdivisions : Un horizon à *Olcostephanus (Olcostephanus) variegatus* peut être individualisé à la base de la Zone à Nodosoplicatum. Cette association est aisément identifiable tant en faciès de bassin que de bordure de plate-forme.

BIOHORIZON A OLCOSTEPHANUS (OLCOSTEPHANUS) VARIEGATUS

Auteur : Bulot, 1990

Espèce-index : *Olcostephanus (Olcostephanus) variegatus* PAQUIER, 1900

Historique : introduit par Bulot (1990) et réutilisé depuis dans plusieurs tableaux stratigraphiques (Bulot, 1993), cet horizon est formellement défini ici pour la première fois.

Coupe de référence : la faune de cet horizon est bien developpée tant dans la coupe de La Charce (Drôme) que dans la coupe de Salérans que nous choisissons comme coupes de référence (tableaux XI et XII).

Variabilité de l'index : la variabilité d'*Olcostephanus (O.) variegatus* a été récemment révisée par Bulot (1990 et 1992). L'importance de cette espèce pour les corrélations inter-régionales justifie que nous rappelions la synonymie admise par cet auteur :

1900 - *Holcostephanus variegatus* PAQUIER, p. II-III, pl. 7, fig. 1-2.
1907 - *Astieria scissa* BAUMBERGER, p. 29-31, pl. 24, fig. 3 et fig. 107.
1907 - *Astieria latiflexa* BAUMBERGER, p. 5-6, pl. 26, fig. 6 et fig. 120.
1908 - *Astieria singularis* BAUMBERGER, p. 3-5, pl. 26, fig. 5 et fig. 119.
1909 - *Astieria klaatschi* WEGNER, p. 38, pl. 16, fig. 1-2.
1914 - *Astieria scissa* BAUMBERGER, Zwierzycki, p. 57-58, pl. 6, fig. 20-21.
1914 - *Astieria multistria* ZWIERZYCKI, p. 53-55, pl. 6, fig. 6-9 et 16.
1914 - *Holcostephanus crassus* ZWIERZYCKI, p. 58-59, pl. 5, fig. 14.
1972 - *Olcostephanus (Rogersites) andartae* THIEULOY, p. 27-28, pl. 2, fig. 1-3 et fig. 4.
1981 - *Olcostephanus bernardensis* (LORY MS), Cooper, p. 206, fig. 49.
1981 - *Olcostephanus lamberti* (KILIAN MS), Cooper, p. 207, fig. 53.
1989 - *Olcostephanus (O.)* cf. *bernardensis* (KILIAN MS), Doyle, p. 181, fig. 5a.
1989 - *Olcostephanus (O.)* cf. *singularis* (BAUMBERGER), Doyle, p. 181, fig. 5c.
1992 - *Olcostephanus (O.) variegatus* PAQUIER morphotype *latiflexus* (BAUMBERGER), Bulot, p. 153, pl. 2, fig. 1-2.
1992 - *Olcostephanus (O.) variegatus* PAQUIER, Bulot, p. 153, pl. 2, fig. 3.
1992 - *Olcostephanus (O.) variegatus* PAQUIER morphotype *singularis* (BAUMBERGER), Bulot, p. 153, pl. 3, fig. 1-5.

Limite d'utilisation de l'index : *O. (O.) variegatus* et ses différents morphotypes sont fréquents tant en faciès de bassin que de bordure de plate-forme. Cette espèce semble apparaître légèrement en dessous des *Lyticoceras* (quelques bancs) dans un certain nombre de coupes de bassin. Il est cependant difficile de déterminer si ce léger décalage est dû à un défaut de récolte, à des facteurs écologiques ou à un réel

phénomène évolutif. Néanmoins, l'horizon à *O. (O.) variegatus* montre une riche association aisément identifiable qui se compose :

- d'une majorité de taxons hérités du sommet de la Zone à Loryi : *Spitidiscus fasciger, S. pavlowi, Olcostephanus (Jeannoticeras) jeannoti, Crioceratites quenstedti, C. gignouxi*, ...
- et de quelques espèces nouvelles telles que *O. (O.) variegatus, Suboosterella heliaca, Spitidiscus intermedius* Thieuloy *non* D'ORB. et *Lyticoceras nodosoplicatum* forme type, qui constituent quantitativement la plus grande partie de l'assemblage.

Potentiel et problèmes de corrélation : la fréquence de l'index dans l'ensemble des coupes étudiées, ainsi que la richesse de la faune associée font de cet horizon une unité biostratigraphique aisément identifiable sur l'ensemble du Bassin vocontien et de ses dépendances. La vaste extension géographique des formes du groupe de *O. (O.) variegatus* permet d'envisager l'existence de niveaux équivalents non seulement dans l'ensemble des bassins péri-méditérranéens mais aussi en Afrique orientale (Tanzanie), dans les Andes (Pérou, Colombie) et en Amérique centrale (Mexique). De plus, de rares représentants de *Capeloites perelegans* et de *"Protaconeceras"* accentuent encore les affinités avec les faunes andines de même âge. L'absence de coupes détaillées dans ces régions ne permet pas toujours de distinguer les faunes d'*Olcostephaninae* de la base de la Zone à Nodosoplicatum de celles qui pourraient être équivalentes de l'horizon à *O. (J.) jeannoti*.

La présence de *O. (J.) jeannoti, O. (O.) variegatus* et *Lyticoceras* gr. *nodosoplicatum* à la base de la Zone sub-boréale à Inversum en Grande-Bretagne (Rawson, 1971, Doyle, 1989 et informations personnelles) autorise une corrélation extrêmement précise avec la base de la Zone mésogéenne à Nodosoplicatum.

4.3. Hauterivien supérieur

Compte tenu de la complexité des problèmes évoqués dans ce paragraphe, nous invitons le lecteur à se référer au tableau 1 pour mieux comprendre les corrélations entre la zonation établie dans cet article, les schémas zonaux du Sud-Est de la France (Thieuloy, 1977 et Busnardo, 1984) et la zonation standard méditerranéenne (Hoedemaeker et Bulot, 1990)

4.3.1. Zone à Sayni

Auteur : Paquier, 1900

Espèce-index : *Subsaynella sayni* (PAQUIER, 1900)

Historique : Depuis sa création par Paquier (1900), la Zone à Sayni a fait l'objet de nombreuses modifications. Ainsi, sa limite supérieure a été abaissée lors de l'introduction de la zone à *ligatus* par Moullade et Thieuloy (1967), puis légèrement remontée lors de la suppression de cette unité au profit de la zone à *balearis* par Busnardo (1984). Faute de définitions précises, il est difficile de savoir quelles sont les corrélations entre les positions du sommet de la zone à Sayni selon ces différents auteurs. Depuis, nos propres recherches nous conduisent à modifier l'extension verticale de cette zone. En effet, il nous a été possible de reconnaître deux populations successives de *Subsaynella* qui remettent en question la taxonomie du générotype *Subsaynella sayni*.

La première, associée à *Cruasiceras cruasense, Abrytusites juliani* et *Crioceratites matsumotoi sensu* Immel, se compose de formes de taille moyenne (5-6 cm), à ventre arrondi, ombilic étroit et mur ombilical oblique, dont les flancs sont ornés de côtes primaires relativement marquées et de côtes secondaires fines, denses et plus ou moins fasciculées. La seconde, associée à *Plesiospitidiscus ligatus* et *Crioceratites duvali sensu* Immel, se compose de formes de petite taille (2-3 cm), à ventre tranchant, ombilic étroit et mur ombilical rentrant, dont les flancs montrent un méplat péri-ombilical, une ornementation très atténuée sur leur moitié supérieure et des costules margino-ventrales toujours bien marquées.

Thieuloy et Bulot (1992, ce volume) ont montré que c'est au sein de la population contenant *Cruasiceras cruasense* que s'intègre le type de *Subsaynella sayni*. La Zone à Sayni étant définie par la première apparition de son espèce-index, il est donc clair que la sous-zone à *cruasense* doit être incluse dans la Zone à Sayni et ramenée au rang de bio-horizon.Ainsi redéfinie cette zone s'achève avec l'apparition de *Plesiospitidiscus ligatus s. str.*, marqueur de la zone suivante.

Coupe de référence : A Vergons (Alpes de Haute-Provence), l'abondance des *Subsaynella sayni* en association avec *Cruasiceras cruasense* permet de caractériser parfaitement la limite entre l'Hauterivien inférieur et l'Hauterivien supérieur. La succession hauterivienne peut être observée en détail le long de la route de Nice. Bien que plusieurs parties de la succession soient actuellement recouvertes par des

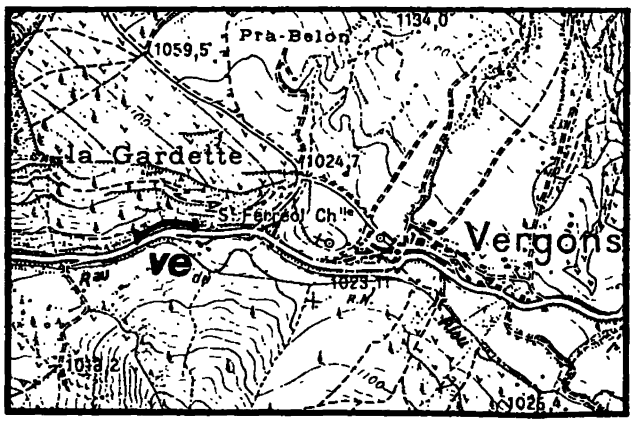


FIG. 6. - Situation de la coupe de Vergons (*ve*). 1/20.000.

grillages destinés à prévenir les éboulements, cette coupe présente l'avantage de montrer le net décalage entre les deux populations superposées de *Subsaynella*. Nous désignons donc la coupe de Vergons comme localité-type de la Zone à Sayni et **plaçons son "Golden-Spike" à la base du banc 74** (tableau XIII).

A l'échelle du Bassin vocontien, la Zone à Sayni débute par la vire marneuse VM 4 (bancs 78 à 80 à Vergons et bancs 327 à 329 à La Charce). A cette vire succède une alternance bien rythmée de bancs calcaires et d'interlits marneux pluri-décimétriques (30-50 cm). Localement, la partie supérieure de la zone peut être perturbée par des slumps (Salérans, Aulan, ...).

Variabilité et limites d'utilisation de l'index : Le genre *Subsaynella* vient de faire l'objet d'une révision détaillée par Thieuloy et Bulot (1992, ce volume). Nous rappelerons brièvement ici la synonymie que nous avons retenue pour cette espèce :

1900 - *Desmoceras Sayni* PAQUIER, p. V-VI, pl. 8, fig. 2a-c.
1970 - *Subsaynella sayni* (PAQUIER), Busnardo, text-fig. 2a-b, 5 *sol.*
non 1970 - *Subsaynella sayni* (PAQUIER), Busnardo, fig. 3a-b, 4 (= *S. mimica* THIEULOY et BULOT, 1992).
1981 - *Subsaynella* cf. *sayni* (PAQUIER), Kemper *et al.*, p. 303, pl. 34, fig. 5-6.
? 1982 - *Subsaynella sayni* (PAQUIER), Braga *et al.*, pl. 1, fig. 9.
non 1989 - *Subsaynella sayni* (PAQUIER), Autran, pl. 12, fig. 6 (= *S. begudensis* THIEULOY et BULOT, 1992).
non 1990 - *Subsaynella sayni* (PAQUIER), Thomel, pl. 12, fig. 8-9 (= *S. mimica* THIEULOY et BULOT, 1992).

Bien que l'acrozone de *S. sayni* couvre quasiment l'intégralité de la zone qu'elle nomme, l'acmé de cette espèce et celui de *Cruasiceras cruasense* sont concomitants.

Association caractéristique : L'association de la Zone à Sayni se caractérise par une faible diversité. En faciès de bassin, l'espèce-index relativement fréquente est accompagnée à la base de la zone par *Cruasiceras cruasense* et *Crioceratites quenstedti*. Cet assemblage, dominé par les *Cruasiceras*, a été reconnu dans les successions de la partie la plus externe de l'Arc de Castellane (Terre-Masse, Entrages; région de Majastres, ...). Dans les coupes plus réduites de la région de La Garde-Peyroules et de Rougon-La Palud (Alpes de Haute-Provence), la base de la Zone à Sayni est parfois représentée par un horizon monospécifique à *Cruasiceras* ou le plus souvent affectée par une lacune de cette partie de la succession (Autran, 1989).

Le sommet de la zone est caractérisé par l'apparition des *Crioceratites duvali s. str.* accompagnés des dernières *S. sayni* et des premières *S. mimica*. En pourcentage relatif, *Phyllopachyceras winkleri*, *P. infundibulum* et *Haploceras (Neolissoceras) grasianum* redeviennent abondants au sein des associations de bassin.

Potentiel et problèmes de corrélation : Initialement définie en faciès de bassin (Paquier, 1900), la Zone à Sayni est le plus souvent aisément identifiable en faciès hémipélagiques du talus de la plate-forme nord-provençale. Dans les séries réduites du talus interne, il nous semble que la partie basale de la Zone à Sayni est, soit caractérisée par un horizon très riche en *Cruasiceras*, soit affectée par une lacune de dépôts. Néanmoins, dans ce type de séries la partie supérieure de la Zone à Sayni est clairement indiquée par l'abondance de *Subsaynella begudensis* THIEULOY et BULOT, 1992 en association avec des *Crioceratites* du groupe *duvali* dans les niveaux sous-jacents à l'apparition de *Plesiospitidiscus ligatus*.

Thieuloy (1977a) a signalé la présence d'un exemplaire unique de *Simbirskites* gr. *speetonensis-concinnus* dans la zone à *sayni sensu subs. litt.*. A la lumière de nos nouvelles données, cette forme provient donc soit du sommet de la Zone à Sayni, soit de la base de la Zone à Ligatus telles que nous les entendons ici. Ce fait, corroboré par l'abondance des *Crioceratites* du groupe *duvali* au passage entre les zones sub-boréales à Inversum et à Speetonensis, nous conduit à modifier la corrélation entre les domaines boréaux et téthysiens admise par Kemper *et al.* (1981) et Rawson (1983). Selon nous, la zone à Sayni ainsi redéfinie correspond globalement à la partie supérieure de la Zone à Inversum.

Subdivisions : Un horizon à *Cruasiceras cruasense* peut être individualisé à la base de la Zone à Sayni. Il est aisément identifiable tant en faciès de bassin que de bordure de plate-forme.

BIOHORIZON A CRUSICERAS CRUASENSE

Auteur : Thieuloy, 1977

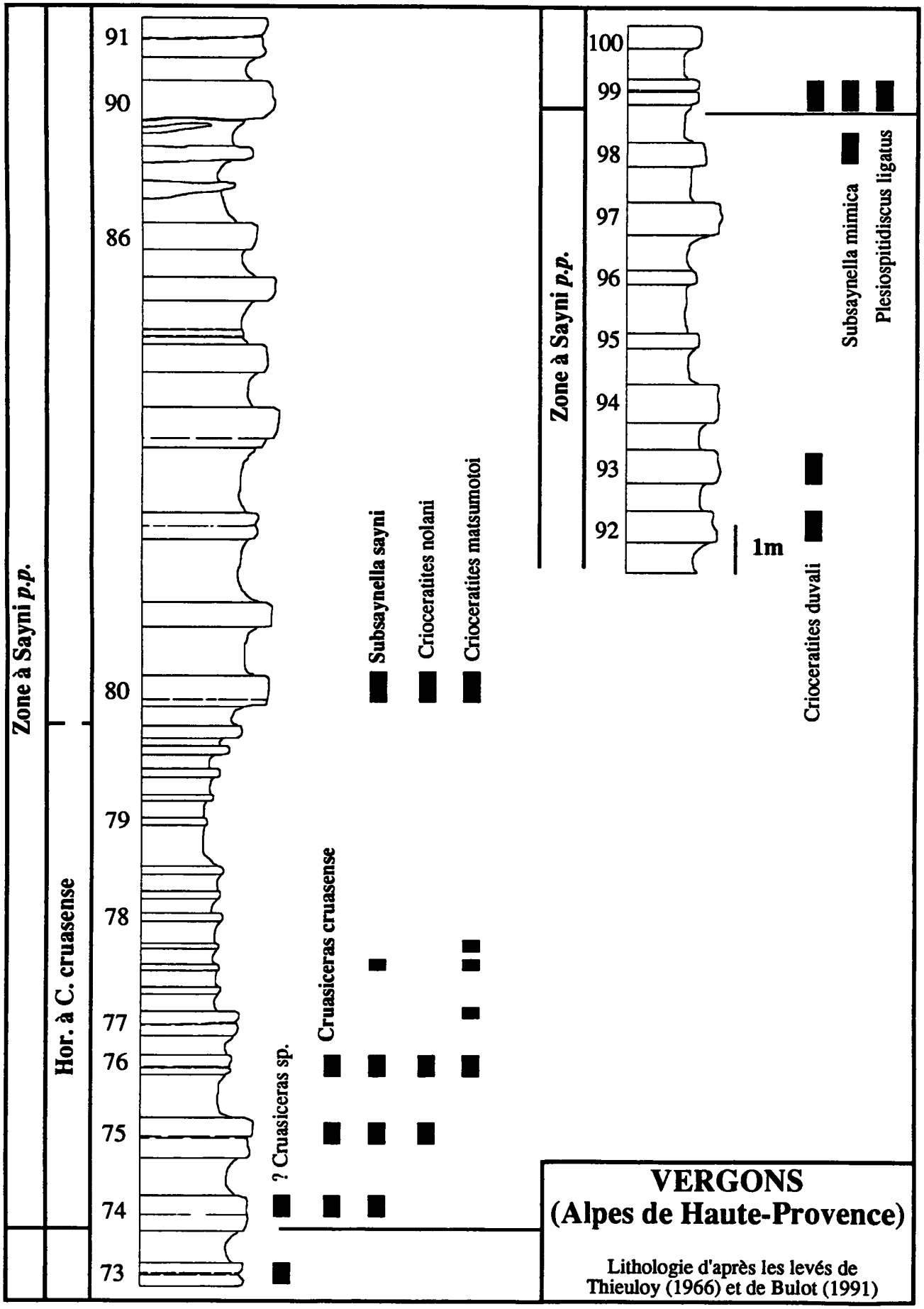
Espèce-index : *Cruasiceras cruasense* (TORCAPEL, 1884)

Historique : introduit par Thieuloy (1977a) et réutilisé depuis comme sous-zone ou comme zone (voir tableau 1), cet horizon est formellement défini ici pour la première fois.

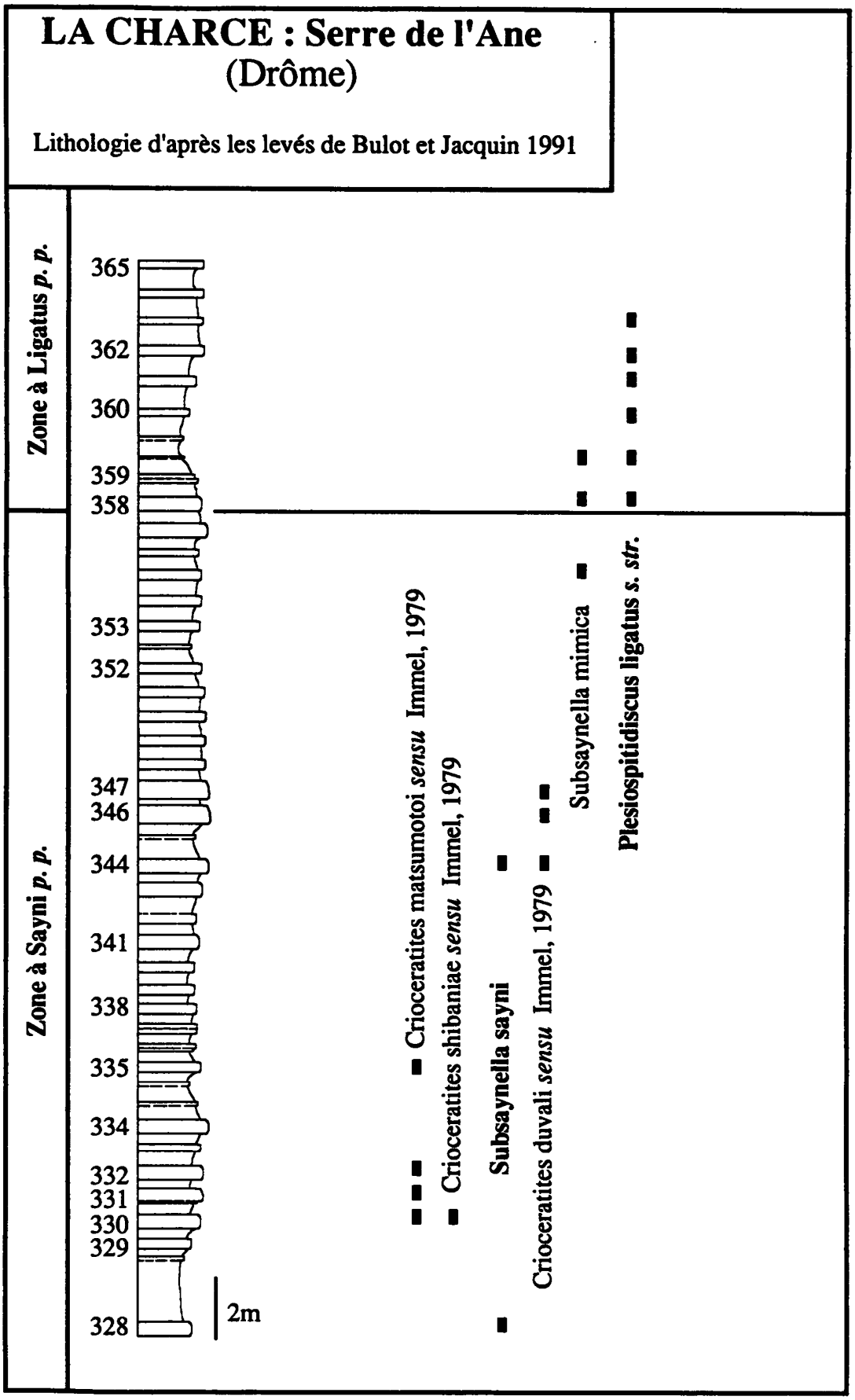
Coupe de référence : la faune de l'horizon à *C. cruasense* est bien developpée tant dans la coupe de Vergons, que dans la coupe de La Charce que nous choisissons comme coupes de référence (tableaux XII et XIII).

Variabilité de l'index : la variabilité de *Cruasiceras cruasense* n'a jamais fait l'objet d'une étude taxnomique détaillée. Il est même important de signaler qu'aucun échantillon n'a été refiguré depuis la création de l'espèce par Torcapel (1884).

Limite d'utilisation de l'index : bien que son



TABL. XIII. - Répartition stratigraphique des principales espèces rencontrées dans la coupe de Vergons (cf. fig. 6); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.



TABL. XIV. - Répartition stratigraphique des principales espèces des zones à Sayni et Ligatus, récoltées dans la coupe de La Charce (Serre de l'Ane, cf. fig. 2); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

acrozone soit le plus souvent limitée à quelques bancs, *Cruasiceras cruasense* est fréquent tant en faciès de bassin que de bordure de plate-forme. L'horizon à *C. cruasense* montre une association, remarquablement pauvre, mais aisément identifiable qui se compose, en plus de *S. sayni*, de taxons hérités du sommet de la Zone à Nodosoplicatum (*Abrytusites juliani*, *Euptychoceras meyrati*, *Crioceratites matsumotoi*, ...).

Potentiel et problèmes de corrélation : la fréquence de l'index dans l'ensemble des coupes étudiées fait de cet horizon une unité biostratigraphique aisément identifiable sur l'ensemble du Bassin vocontien et de ses dépendances. Par contre, il semble impossible d'évaluer à l'heure actuelle l'extension géographique du genre *Cruasiceras*, ce qui limite singulièrement le potentiel de ce biohorizon pour les corrélations inter-régionales.

4.3.2. Zone à Ligatus

(*non* ZONE A LIGATUS *sensu* Moullade et Thieuloy, 1967 et Thieuloy, 1977)

Auteurs : Bulot, Thieuloy, Blanc et Klein, ce travail

Espèce-index : *Plesiospitidiscus ligatus* (D'ORB., 1841)

Historique : Cette nouvelle unité biostratigraphique n'est pas équivalente de son homonyme créé par Moullade et Thieuloy (1967).

En effet, la révision de *Plesiospitidiscus ligatus* (Thieuloy, Bulot et Vermeulen, à paraître) montre que plusieurs taxons ont été confondus au sein de cette espèce. *Plesiospitidiscus ligatus sensu* Moullade et Thieuloy (1967) ne correspond pas au type de l'espèce définie par d'Orbigny. En effet, *P. ligatus* (d'Orb.) *non sensu subs. litt.* se trouve en association avec les petites *Subsaynella mimica* apparues au sommet de la zone à Sayni. Cette forme, classiquement attribuée à *Subsaynella sayni*, était considérée dans la littérature comme le marqueur de la base de la zone à *sayni auct.* (Moullade et Thieuloy, 1967; Busnardo, 1984 et Hoedemaecker et Bulot, 1990).

La Zone à Ligatus est donc définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition de *Balearites balearis*. De ce fait, la base de la zone à *ligatus sensu* Moullade et Thieuloy (1967) ne correspond pas à la base de la biochronozone que nous introduisons ici et occupe un niveau un peu plus élevé de l'Hauterivien supérieur. De manière à simplifier la nomenclature stratigraphique, nous incluons au sein de notre Zone à Ligatus la biozone à *"ligatus" sensu* Moullade et Thieuloy (1967) qui correspond d'ailleurs à l'"unnamed association" du schéma zonal méditerranéen (Hoedemaeker et Bulot, 1990) (cf. corrélations sur le tableau I).

Coupe de référence : Dans l'attente d'une révision complète des faunes de cette unité biostratigraphique, seule la succession de La Charce est présentée ici, bien que son contenu faunique soit relativement pauvre pour la partie moyenne de la Zone à Ligatus. Dans la mesure où il est difficile de dire si cette pauvreté correspond à la réalité ou reflète un défaut de collecte ou traduit enfin des problèmes de fossilisation, nous **plaçons provisoirement le "Golden-Spike" de la Zone à Sayni à la base du banc 363** de la coupe de La Charce, Combe Reboul (tableau XV). Dans l'état actuel de nos connaissances il est difficile de dégager les traits lithologiques qui caractérisent la Zone à Ligatus à l'échelle du Bassin vocontien.

Potentiel de corrélation et association caractéristique : Deux assemblages successifs peuvent être distingués. A la base, l'association, peu diversifiée, est dominée par *Plesiospitidiscus ligatus*, *Crioceratites duvali* et *Subsaynella mimica*, tandis que la partie supérieure de la zone est caractérisée par l'abondance de *Plesiospitidiscus* évolués à section ventrale très arrondie et par l'individualisation d'importantes populations de *Crioceratites majoricensis*, *Acrioceras (Paraspinoceras) pulcherrimum* et *A. (Protacrioceras) ornatum*, auxquels s'ajoutent des formes beaucoup plus rares telles que *Megacrioceras doublieri* et *Paraspiticeras precrassispinum*.

Du point de vue des corrélations plate-forme-bassin, il est intéressant de noter que les successions étudiées par Autran (1989) dans les coupes d'Ubraye et de la région de Peyroules (Alpes de Haute-Provence) sont dans leurs grandes lignes identiques à celles que nous avons reconnues à La Charce. Les différences d'attribution stratigraphique entre cet auteur et nous-mêmes résultent du caractère préliminaire de nos résultats, de la méconnaissance de la variabilité intraspécifique de nombreux taxons, ainsi que des fluctuations de l'extension verticale des zones à Sayni et à Ligatus depuis leurs créations.

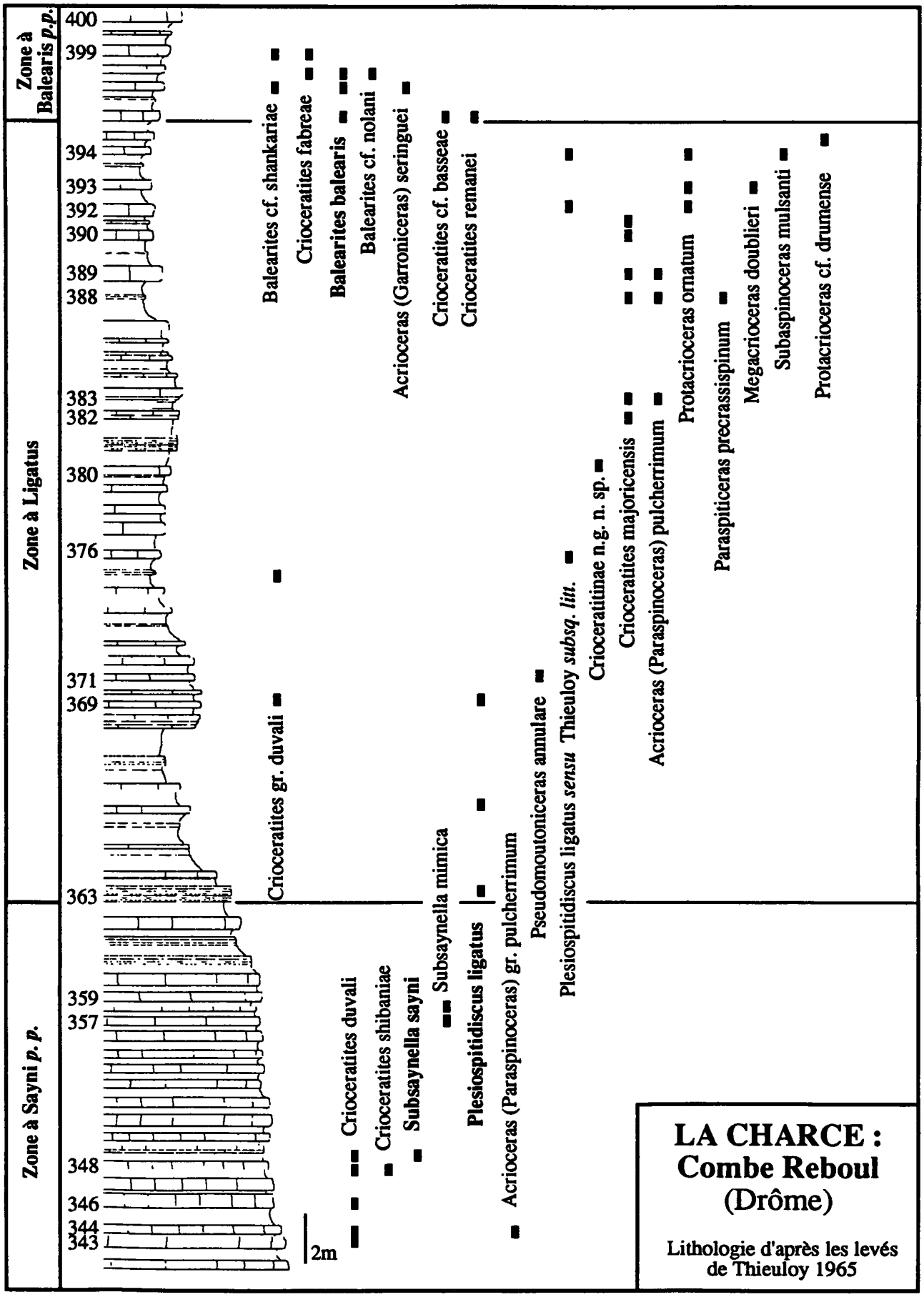
Subdivisions : Bien que deux associations successives puissent être distinguées, il nous paraît prématuré de subdiviser formellement la Zone à Ligatus en deux horizons.

4.3.3. Biozone à balearis

Auteur : Busnardo, 1984

Espèce-index : *Balearites balearis* (NOLAN, 1894)

Historique : Introduite par Busnardo (1984), cette zone n'a jamais fait l'objet d'une analyse détaillée de son contenu. Bien qu'adoptée par Hoedemaeker et Bulot (1990), ses limites actuelles ne correspondent probablement pas à celles admises par Busnardo (1984) qui y incluait probablement une partie de la zone à *"ligatus" sensu* Moullade et Thieuloy (1967). Dans cet article, nous considérons la zone à *Balearites balearis* comme une biozone débutant avec la première apparition du genre *Balearites* et s'achevant avec



TABL. XV. - Répartition stratigraphique des principales espèces des zones à Sayni et Ligatus rencontrées dans la coupe de La Charce (Combe Reboul, cf. fig. 2); les espèces-index de zones et d'horizons apparaissent en caractères gras.

l'apparition des premières *Pseudothurmannia*.

Coupe de référence : L'état actuel de nos travaux ne nous permet pas de désigner une coupe de référence pour cette zone. En effet, les successions que nous avons étudiées jusqu'à présent sont insuffisantes pour avoir une connaissance détaillée de la lithologie et du contenu faunique de la partie supérieure de la zone.

5. CONCLUSIONS

5.1. Les apports biostratigraphiques

La collecte, banc par banc, de plusieurs milliers d'ammonites dans les séries du Sud-Est de la France nous a permis de préciser le schéma zonal élaboré par Busnardo et Thieuloy (1979) :

- au sein de la Zone à Verrucosum, les horizons à *Karakaschiceras pronecostatum* et à*Varlheideites peregrinus* comblent une lacune de nos connaissances;

- au sein de la Zone à Trinodosum, la validité des horizons à *Olcostephanus nicklesi* et à *Criosarasinella furcillata*, précédemment reconnus par Thieuloy *et al.* (1991) est confirmée pour l'ensemble des coupes étudiées;

- au sein de la Zone à Radiatus, un horizon basal à *Breistrofferella castellanensis* est introduit et la distinction de l'horizon à *Leopoldia buxtorfi* dans les séries de bordures de plate-forme affine la zonéographie de l'Hauterivien basal;

- au sein de la Zone à Loryi, la validité des horizons à *Crioceratites loryi* et à *Jeannoticeras jeannoti*, précédemment reconnus par Bulot et Thieuloy *in* Hoedemaecker et Bulot (1991) est confirmée pour l'ensemble des coupes étudiées;

- au sein de la Zone à Nodosoplicatum, la validité de l'horizon à *Olcostephanus variegatus*, précédemment reconnu par Bulot (1990) est confirmée pour l'ensemble des coupes étudiées;

- les zones de l'Hauterivien supérieur (Zones à Sayni, Ligatus et Balearis) sont redéfinies et l'horizon à *Cruasiceras cruasense* (*ex* sous-zone à Cruasense) est intégré à la base de la Zone à Sayni, donc dans l'Hauterivien supérieur.

5.2. Les apports chronostatigraphiques

La redéfinition de la plupart des unités biostratigraphiques du Valanginien et de l'Hauterivien (Bulot *et al.*, 1992b et ce travail) conduit à reconsidérer le découpage bipartite du Valanginien, ainsi que la position de la limite Hauterivien inférieur-Hauterivien supérieur.

En effet, l'analyse globale de la faune d'ammonites depuis le Berriasien terminal jusqu'au Valanginien supérieur permet de reconnaître quatre étapes dans l'évolution des faunes :

- de la Zone à Callisto au sommet de la Zone à Otopeta, individualisation de "faunes à affinités valanginiennes" (*Kilianella*, "*Thurmanniceras* ", ...) dans un contexte faunique dominé par les taxons berriasiens (*Berriasella*, *Fauriella*, *Tirnovella*, *Jabronella*, ...);

- du sommet de la Zone à Otopeta à la partie moyenne de la Zone à Campylotoxus, extinction des espèces berriasiennes suivie de la radiation adaptative des genres valanginiens apparus dans la zone à Otopeta (*Kilianella*, "*Thurmanniceras* ", *Sarasinella*, *Olcostephanus*, ...);

- de la partie supérieure de la Zone à Campylotoxus au sommet de la Zone à Verrucosum, extinction des genres valanginiens apparus dans les Zones à Otopeta et Pertransiens (*Kilianella*, "*Thurmanniceras* ", *Sarasinella*, ...) et renouvellement faunique majeur (apparition et radiation adaptative des *Karakaschiceras*, *Neohoploceras*, *Valanginites*, *Saynoceras*, *Paquiericeras*,...);

- du sommet de la Zone à Verrucosum au sommet de la Zone à Callidiscus, extinction des genres valanginiens apparus dans la Zone à Campylotoxus (*Karakaschiceras*, *Neohoploceras*, *Valanginites*, *Saynoceras*, *Paquiericeras*,...) et renouvellement faunique majeur (apparition et radiation adaptative des *Oosterella*, *Teschenites*, *Eleniceras*, ...).

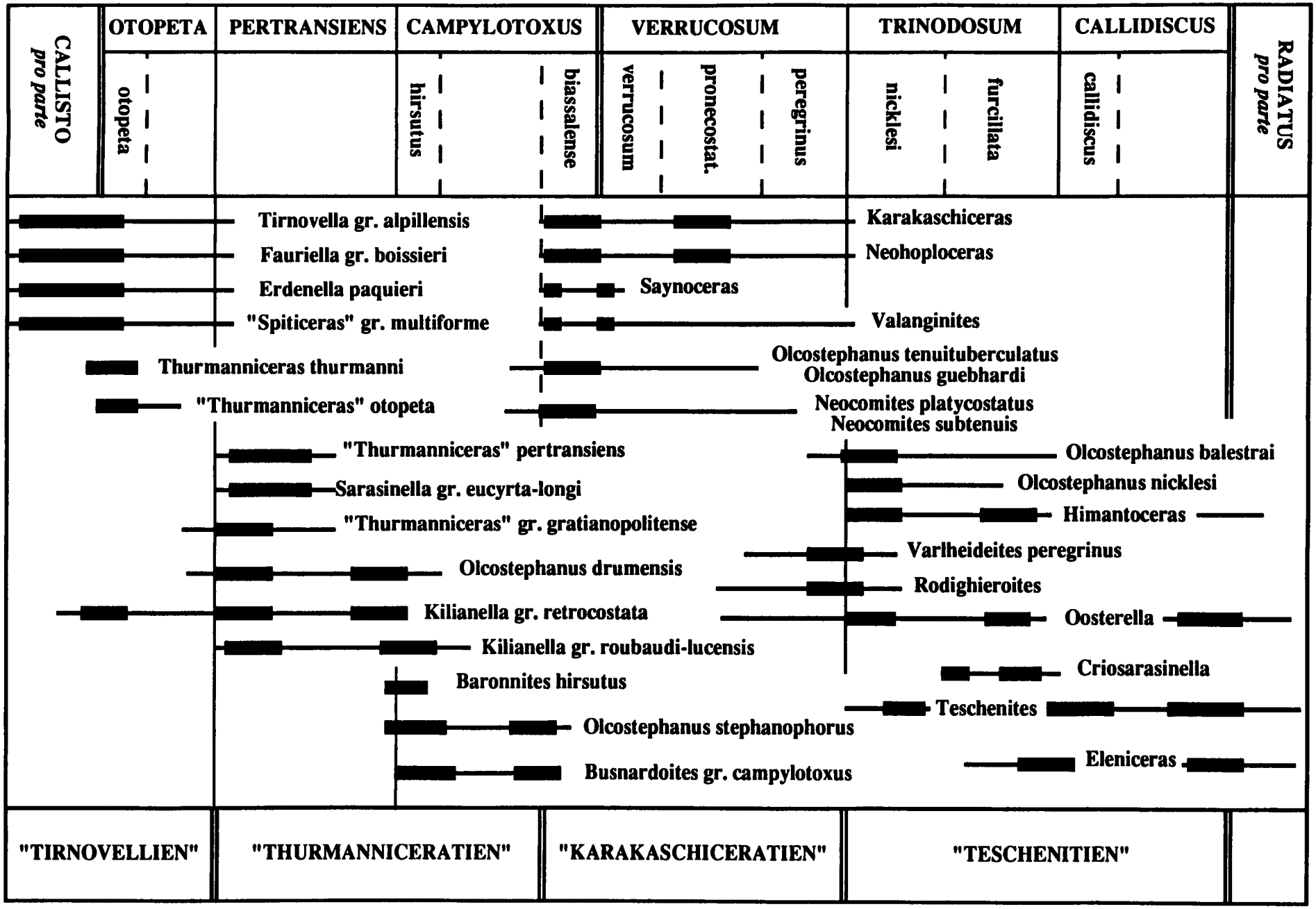
Dans l'optique de faire coïncider les coupures chronostratigraphiques et les renouvellements de faune majeurs, Bulot *et al.* (1992b) ont déjà envisagé de faire coïncider le début du Valanginien avec la crise biologique qui marque la base de la Zone à Pertransiens. Appliquer ce concept biostratigraphique à l'ensemble du Valanginien revient à proposer une division tripartite de cet étage (tableau XVI) :

- un Valanginien inférieur débutant avec la Zone à Pertransiens et se terminant avec la partie inférieure de la Zone à Campylotoxus (horizon à *Busnardoites subcampylotoxus in* Bulot *et al.*, 1992a);

- un Valanginien moyen débutant avec l'apparition des *Karakaschiceras* et des *Neohoploceras* dans la partie supérieure de la Zone à Campylotoxus et se terminant au sommet de la Zone à Verrucosum;

- un Valanginien supérieur débutant à la base de la Zone à Trinodosum et se terminant au sommet de la Zone à Callidiscus.

TABL. XVI. - Répartition des espèces significatives d'âge valanginien dans le cadre d'une subdivision tripartite de cet étage, basée sur les renouvellements majeurs de faune. La base du Valanginien coïncide avec la crise biologique marquant le début de la zone à Pertransiens (cf. Bulot *et al.* 1993, *C. R. Acad. Sci. Paris*, sous presse).


CALLISTO pro parte
OTOPETA
PERTRANSIENS
CAMPYLOTOXUS
VERRUCOSUM
TRINODOSUM
CALLIDISCUS
RADIATUS pro parte
otopeta
hirsutus
biassalense
verrucosum
pronecostat.
peregrinus
nicklesi
furcillata
callidiscus
Tirnovella gr. alpillensis
Fauriella gr. boissieri
Erdenella paquieri
"Spiticeras" gr. multiforme
Thurmanniceras thurmanni
"Thurmanniceras" otopeta
"Thurmanniceras" pertransiens
Sarasinella gr. eucyrta-longi
"Thurmanniceras" gr. gratianopolitense
Olcostephanus drumensis
Kilianella gr. retrocostata
Kilianella gr. roubaudi-lucensis
Baronnites hirsutus
Olcostephanus stephanophorus
Busnardoites gr. campylotoxus
Karakaschiceras
Neohoploceras
Saynoceras
Valanginites
Olcostephanus tenuituberculatus
Olcostephanus guebhardi
Neocomites platycostatus
Neocomites subtenuis
Olcostephanus balestrai
Olcostephanus nicklesi
Himantoceras
Varlheideites peregrinus
Rodighieroites
Oosterella
Criosarasinella
Teschenites
Eleniceras
"TIRNOVELLIEN"
"THURMANNICERATIEN"
"KARAKASCHICERATIEN"
"TESCHENITIEN"

En ce qui concerne l'Hauterivien, la découverte de *Subsaynella sayni* en association avec *Cruasiceras cruasense* implique le déplacement de la limite Hauterivien inférieur-Hauterivien supérieur d'une zone d'ammonite vers le bas de l'échelle chronostratigraphique.

La répartition des faunes d'origine boréale dans les séries vocontiennes (révision du matériel de Thieuloy, 1977a; Thieuloy *et al.*, 1991 et nouvelles récoltes) permet d'affiner les corrélations entre la zonation nord-ouest européenne et la zonation mésogéenne.

Les correspondances suivantes ont pu être confirmées ou établies :

- zone à Hollwedense = sommet de *campylotoxus* et base de Verrucosum;
- base de Crassus = base de l'horizon à *peregrinus;*
- sommet de Crassus = base de Trinodosum;
- ensemble Triptychoides (*p.p.*), Bidichotomoides, Ivanovi, Tuberculata (*p. p.*) = horizon à *furcillata*;
- sommet deTuberculata et Paucinodum = Callidiscus;
- Noricum = partie moyenne de Radiatus;
- sommet de Regale = horizon à *jeannoti* ;
- base d'Inversum = base de Nodosoplicatum;
- sommet d'Inversum =Zone à Sayni.

Remerciements. Nous remercions très vivement Martine Argot et Hubert Arnaud pour leur précieuse contribution lors de l'élaboration finale de ce travail, ainsi que les étudiants du DEUG B_2 ST (promotion 1991-92), compagnons de terrain pour quelques fructueuses journées.

Références

Seules les références présentant un intérêt biostratigraphique direct sont données dans cette liste. Le lecteur est invité à se référer aux bibliographies exhaustives contenues dans les mémoires de Company (1987), Autran (1989) et Bulot (1990) pour les aspects à caractère strictement paléontologique.

ARNAUD A. & ARNAUD H. (1991) - Les Calcaires urgoniens des Massifs subalpins septentrionaux et du Jura (France) : âge et discussion des données stratigraphiques.-*Géologie alpine* : **67**, 63-79.

ARNAUD H. & BULOT L. G. (1992) - Provence platform (Berriasian to Barremian) : Early Cretaceous backstepping, faunal renewals and sequence stratigraphy. *In* : "*Alpine Mesozoic Basin in The South-East of France* ", Eds. Arnaud H. & Lemoine M., *AAPG Field-Course*, Nice : 109-133.

ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., THIEULOY J.-P. & ARGOT M. (1987)- Pelagic sedimentation of the Vocontian Basin. *In* : "*3rd International Cretaceous Symposium*", Field Guide Excursion D, 109-123, (disponible auprès des auteurs).

AUTRAN G. (1989) - L'évolution de la marge Nord-Est provençale (Arc de Castellane) du Valanginien à l'Hauterivien à travers l'analyse biostratigraphique des séries de la région de Peyroules : séries condensées, discontinuités et indices d'une tectonogenèse distensive. *Thèse de l'Université de Nice* : 232 p., 13 pls (inédit).

AVRAM E. (1990) - Considérations sur l'âge des marnes de Crivina (Zone Resita - S-O de la Roumanie). *D. S. Inst. Geol. Geofiz. Bucarest* : **74/3** (1987), 33-68, 4 pls.

AVRAM E. & GRADINARU E. (1993, sous-presse) - A peculiar Upper Valanginian cephalopod fauna from the Carpathian Bend (Codlea town area, Romania) : biostratigraphic and paleobiogeographic implications. *Jb. geol. Bundesanstalt*, Wien : **136/4**.

BAUMBERGER E. (1905) - Die ammonitiden der unteren Kreide im westschweizerishen Jura. *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, **32**, 1-80.

BRAGA J.C., COMPANY M., LINARES P., RIVAS P. & SANDOVAL J. (1982) - Contibucion al conocimiento bioestratigrafico del Hauterivense-Barremense en la Region de Jaén. *Cuad. Geol. Iberica*, Madrid, **8**, 677-689, 1 pl.

BULOT L. (1990) - Evolution des *Olcostephaninae* (*Ammonitina, Cephalopoda*) dans le cadre paléobiogéographique du Crétacé inférieur (Valanginien-Hauterivien) du Sud-Est de la France. *D.S.E.R. Université de Dijon* : 172 p., 17 pls (disponible auprès de l'auteur).

BULOT L. (1992) - Les *Olcostephaninae* valanginiens et hauteriviens (*Ammonitina, Cephalopoda*) du Jura franco-suisse : Systématique et intérêt biostratigraphique. *Revue de Paléobiologie*, Genève : **11**, 149-166, 3 pls.

BULOT L. (1992a) - Variations qualitatives et quantitatives des faunes d'ammonites dans les alternances crétacées du Bassin vocontien. *In* : "*Alternances marnes-calcaires originelles et diagénétiques*", Résumés, *Publ. Ass. Sédim. Français*, Paris : **18**, 12-13.

BULOT L. (1993) - Stratigraphical implications of the relationships between ammonites and facies : examples taken from the Lower Cretaceous (Valanginian-Hauterivian) of the western Tethys. *In* : "*The Ammonoidea : Environment, Ecology, and Evolutionary Change* ", M. R. House Ed., *Systematics Assoc.* : Sp. vol., Clarendon Press, Oxford, **47**, 243-266.

BULOT L., COMPANY M. & THIEULOY J.-P. (1990) - Origine, évolution et systématique du genre valanginien *Saynoceras* (*Ammonitina, Cephalopoda*). *Geobios* : **23**, 399-413.

BULOT L. G., ARNAUD-VANNEAU A., BLANC E., ARNAUD H. & THIEULOY J.-P. (1992) - Basin type successions : biostratigraphic tools, stratigraphic gaps and reworked sediments. *In* : "*Transition from Platform to basin in*

the Subalpine chains", Platform Margins Symposium Guide-Book, Ed. Arnaud-Vanneau A., Grenoble : 25-41.

BULOT L. G., BLANC E., THIEULOY J.-P. & REMANE (1993, sous-presse) - La limite Berriasien-Valanginien dans le Sud-Est de la France : données biostratigraphiques nouvelles. *C. R. Acad. Sci. Paris.*

BULOT L. G. & THIEULOY J.-P. (1993, sous-presse) - Implications chronostratigraphiques de la révision de l'échelle biostratigraphique du Valanginien supérieur et de l'Hauterivien du Sud-Est de la France. *C. R. Acad. Sci. Paris.*

BUSNARDO R. (1984). Crétacé inférieur : échelles biostratigraphiques. *In* : "*Synthèse géologique du Sud-Est de la France* ", *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*: **125**, 291-294.

BUSNARDO R. ET THIEULOY J.-P. (1979). Les zones d'ammonites du Valanginien. *In* : *Les Stratotypes français*, Ed. CNRS : **7**, 58-68.

BUSNARDO R. ET THIEULOY J.-P. (1989). Les Ammonites de l'Hauterivien jurassien : Révision des faunes de la région du Stratotype historique de l'étage Hauterivien. *Mém. Soc. neuch. Sc. Nat.* : **11**, 101-147, 3 pls.

CALLOMON J. H. (1985) - Biostratigraphy, chronostratigraphy and all that - again! *Proc. Internat. Symp Jurassic Stratigraphy*, Erlangen 1984 : **3**, 611-624.

COMPANY M. (1987) - Los Ammonites del Valanginiense del sector oriental de las Cordilleras Béticas (SE de Espana). *Thèse Université de Grenade, Publication Depart. Estratigrafia y Paleontologia* : 294 p., 19 pls.

COTILLON P., FERRY S., GAILLARD G., JAUTÉE E., LATREILLE G. & RIO M. (1980) - Fluctuation des paramètres du milieu marin dans le domaine Vocontien (France Sud-Est) au Crétacé inférieur : mise en évidence par l'étude des formations marno-calcaires alternantes. *Bull. Soc. géol. Fr.* : (7), **22**,735-744.

DELANOY G. (1990) - Données nouvelles sur l'espèce-index *Hemihoplites feraudianus* (d'Orb. 1841) (*Ammonoidea, Ancyloceratina*). *C. R. Acad. Sci. Paris.* : **310**, 2, 661-666.

DELANOY G. (1990a) - Précisions nouvelles sur "*Emericiceras*" *collignoni* Thomel (*Ammonoidea*) et proposition d'un nouveau schéma zonal dans le Barrémien supérieur du sud-est de la France. *C. R. Acad. Sci. Paris* : **311**, 2, 259-264.

DOMMERGUES J. L. (1987) - L'évolution chez les *Ammonitina* du Lias moyen (Carixien-Domérien basal) en Europe occidentale. *Docum. Lab. Géol. Lyon* : **98**, 297 p., 12 pls.

DRUSCHITS V. V. (1975) - The Berriasian of the Crimea and its stratigraphical relations. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.* : **86**, 337-340.

DOYLE J.C. (1989) - The stratigraphy of Late Lower Hauterivian horizon in the Speeton Clay formation (Lower Cretaceous) of East Yorkshire. *Proc. Geol. Assoc.*, **100** (2), 175-182.

ERISTAVI M. S. (1962) - Sur la limite entre le Jurassique et le Crétacé. *C. R. et Mém. Colloque Jurassique Luxembourg* : 393-401.

FELIX J. (1891) - Versteinerungen aus der mexikanischen Jura- und Kreideformation. *Palaeontographica* : **37**, 140-199, 9 pls

FERRY S. (1991) - Une alternative au modèle de stratigraphie séquentielle d'Exxon : la modulation tectono-climatique des cycles orbitaux. *In* : "*Enregistrement de l'eustatisme sur les marges ouest-téthysiennes au Mésozoique*", Ed. Ferry S., *Géologie alpine* : Mém. HS, **18**, 47-9

HANCOCK J. (1990) - Ammonite scales for the Cretaceous System. *Cretaceous Research* :**12**, 259-291.

HOEDEMAECKER P. J. (1982) - Ammonite biostratigraphy of the uppermost Tithonian, Berriasian and Lower Valanginian along the Rio Argos (Caravaca, SE Spain). *Scripta Geol.* : **65**, 81 p., 6 pls.

HOEDEMAECKER P. J. & BULOT L. (1990) - Preliminary ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean region : report. *Géologie alpine* : **66**, 123-127.

HOEDEMAECKER P. J. & COMPANY M. (Reporters)(1993) - Ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean region; basis for the stratigraphic correlation within I.G.C.P. - Project 262. *Rev. Esp. Pal.* **8** (1), 117-120.

HONNORAT-BASTIDE E. (1896) - Sur une forme nouvelle ou peu connue de Céphalopode du Crétacé inférieur des Basses-Alpes, *Ammonites Josephinae* n. sp. *Congrès Ass. Fr. Avanc. Sc.*, Tunis, 1897, 287-290.

KEMPER E., RAWSON P. F. & THIEULOY J.-P. (1981) - Ammonites of Tethyan ancestry in the Early Lower Cretaceous of north-west Europe. *Palaeontology* : **24**, 251-311, 13 pls.

LE HÉGARAT G. (1971) - Le Berriasien du Sud-Est de la France. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, **43**, 2 fasc., 576 p., 93 pls.

LORY C. (1898) - Sur le Crétacé inférieur du Dévoluy et des régions voisines. *Bull. Soc. géol. France* : **3**, 26, 132.

MANDOV G. (1976) - L'étage Hauterivien dans les Balkanides occidentales (Bulgarie de l'Ouest) et sa faune d'ammonites. *Ann. Univ. Sofia, Géol. Géogr.* : **67**,11-99.

MAGNIEZ-JANIN F. (1991) - Renouvellements de foraminifères et séquences de dépôt dans le Crétacé inférieur du Bassin vocontien (SE de la France). *Bull. Soc. géol. France* : **162**,5, 887-895.

MASSE J. P., BUSNARDO R., GERVAIS J., HUMBERT S. &THIEULOY J.-P. (1975) - Précisions sur l'âge des "marnes inférieures hauteriviennes" de la région de Marseille. *C. R. Acad. Sci. Paris*: **280**, D,1429-1431.

MATYJA B.A. (1986) - Developmental polymorphism in Oxfordian ammonites. *Acta Geol. Pol.*: **36** (1-3),39-65.

MAZENOT G. (1939) - Les Palaehoplitidae tithoniques et berriasiens du Sud-Est de la France. *Mém. Soc. géol. France*, **18**/41, 303 p., 40 pls.

MEMMI L. (1981) - Biostratigraphie du Crétacé inférieur de la Tunisie nord-orientale. *Bull. Soc. géol. France* : (7), **23**, 175-183.

MOULLADE M. (1966) - Etude stratigraphique et micropaléontologique du Crétacé inférieur de la "fosse vocontienne". *Docum. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon* : **15**, 369 p., 17 pls.

MOULLADE M. & THIEULOY J.-P. (1967) - Les zones d'ammonites du Valanginian supérieur et de l'Hauterivien vocontiens. *C. R. somm. S. G. F.*: **6**,228-229.

NOLAN H. (1894) - Note sur les *Crioceras* du groupe de *Crioceras duvali*. *Bull Soc. géol. France*, (3), **22**, 183-196, 1 pl..

PAGE K. N. (1992, sous-presse) - On the sequence of ammonite correlated chronostratigraphical horizons in the British Sinemurian (Lower Jurassic). *3rd International Symposium on Jurassic Stratigraphy*, Poitiers 1991.

PAQUIER V. (1900) - Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies occidentales. *Thèse Université de Grenoble*, 402 p., 3 pls.

RAWSON P. F. & KEMPER E. (1978) - *Varlheideites* n. gen. (*Ammonoidea, Neocomitinae*) aus dem dem Ober-Valangin NW-Deutschland. *Geol. Jb.*, A, **45**, 163-181, 5 pls.

REBOULET S. (1991) - Renouvellement et évolution des faunes d'ammonites en relation avec les modifications du niveau marin à la limite Valanginien-Hauterivien : l'exemple de la coupe de La Charce (Drôme). *DEA Sedipal*, Lyon, 35 p. 2 pls. (inédit).

REBOULET S., ATROPS F., FERRY S. & SCHAAF A. (1992) - Renouvellement des ammonites en fosse vovontienne à la limite Valanginien-Hauterivien. *Geobios*, **25/4**, 469-476.

RETOWSKY O. (1893) - Die tithonische Ablagerungen von Theodosia. Ein Beitrag zur Paläontologie der Krim. *Bull. Soc. Imp. nat. Moscou*, n. s., **7**, 2/3, 95 p., 6 pls.

ROPOLO P. (1991) - *Crioceratites curnieri* n. sp. une nouvelle espèce d"ammonite hétéromorphe préfigurant l'acquisition des coquilles tripartites de l'Hauterivien inférieur (Ammonoidea, Ancyloceratina). *Mésogée*, **51**, 65-73.

SARASIN C. & SCHÖNDELMAYER C. (1901) - Etude monographique des ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis. *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, **28**/2,1-91, 11 pls.

SAYN G. (1907) - Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France. *Mém. Soc. géol. France , Paléont.* **15**/23, 28-66, 6 pls.

THIEULOY J.-P. (1971) - *Neocomites (Teschenites) callidiscus* n. sp., nouveau Céphalopode (Ammonitina) du Valanginien supérieur vocontien. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Grenoble*, 47, p. 103-109, 1 pl.

THIEULOY J. P. (1971a) - Réflexions sur le genre *Lyticoceras* Hyatt, 1900 (Ammonoidea). *C. R. Acad. Sci. Paris*, D272, p. 2297-2300.

THIEULOY J. P. (1972) - Biostratigraphie des lentilles à Pérégrinelles (Brachiopodes) de l'Hauterivien de Rottier (Drôme, france). *Géobios*, 5, 1, p. 5-53, 5 pl.

THIEULOY J.-P. (1973) - Le genre *Saynoceras* (Ammonoidea) et la zonéographie valanginienne dans l'Arc subalpin de Castellane (Alpes de Haute-Provence). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **276**, D, 925-927.

THIEULOY J.-P. (1973a) - The occurence and distribution of boreal ammonites from the Neocomian of South-East France (Tethyan Province). *In* : *"The Boreal Lower Cretaceous"*, Eds. R. Casey and P.F. Rawson, *Geol. J.*, Sp. issue, **5** ,1289-1302.

THIEULOY J. -P. (1977) - La zone à Callidiscus du Valanginien supérieur vocontien (Sud-Est de la France). Lithostratigraphie, ammonitofaune, limite Valanginien-Hauterivien, corrélations. *Géologie alpine* : **53**, 83-143.

THIEULOY J.-P. (1977a) - Les ammonites boréales des formations néocomiennes du Sud-Est français (Province subméditerranéenne). *Geobios*,**10**, 395-461.

THIEULOY J.-P., BOISSEAU T., FABRE P. & GIDON M. (1983) - Sur la position stratigraphique de *Lyticoceras claveli* Busnardo & Thieuloy, 1983 dans le massif de la Grande Chartreuse (Dauphiné, France). *Géologie alpine* : **59**, 61-64.

THIEULOY J.-P., FUHR M. & BULOT L. (1990) - Biostratigraphie du Crétacé inférieur de l'Arc de Castellane (S-E de la France). 1. Faunes d'ammonites du Valanginien supérieur et âge de l'horizon dit de "la Grande Lumachelle". *Géologie méditerranéenne* : **17**, 55-99.

THIEULOY J.-P. & BULOT L. (1992) - Ammonites du Crétacé inférieur du Sud-Est de la France : 1. Nouvelles espèces à valeur stratigraphique pour le Valanginien et l'Hauterivien. *Géologie alpine* : **68**, 85-103.

THOMEL G. (1990) - Les couches de passage de l'Hauterivien au Barrémien dans le vallon de Valbonette à Barrème. *Doc. inédit PICG 262*, Digne Juillet 1990, 13 pls.

TORCAPEL A. (1884) - Quelques fossiles nouveaux de l'Urgonien du Languedoc. *Bull. Soc. Etude sci. nat. Nîmes*, 11ème année, 9 et 11, 12 p., 9 pls.

VASICEK Z. & MICHALIK J. (1986) - The Lower Cretaceous ammonites of the Manin Unit (Mt. Butkov, West Carpathians). *Geol. carpathica* : **37**/4, 449-481, 6 pls.