

## Les biohorizons du Valanginien du Sud-Est de la France : un outil fondamental pour les corrélations au sein de la Téthys occidentale

par Luc Georges BULOT\* et Jean-Pierre THIEULY\*

**RÉSUMÉ.** — L'objectif de cet article est de présenter une synthèse de la biostratigraphie (ammonites) du Valanginien de la Téthys méditerranéenne. Depuis les travaux de Bulot *et al.* [1992], Bulot et Thieuloy [1993] et Bulot [1995], l'analyse de plusieurs dizaines de coupes a conduit à l'individualisation de 11 «associations fauniques élémentaires» dans le Valanginien du Sud-Est de la France. Ces associations fauniques élémentaires ont été converties en zones et en biohorizons en fonction de leur extension verticale.

Les zones ont fait l'objet d'une définition formelle suivant les règles de procédure du Guide Stratigraphique International. Le cadre biostratigraphique du Sud-Est de la France a donc été converti en échelle bio-chronostratigraphique. Le schéma zonal présenté ici doit être considéré comme un cadre chronostratigraphique standard pour le Sud-Est de la France. Parmi les apports les plus récents [Bulot, 1995], l'analyse des faunes du Valanginien inférieur a permis d'introduire une nouvelle zone à *Stephanophorus* subdivisée en trois bio-horizons. Cette nouvelle unité remplace en partie la biozone à *campylotoxus*. De même, une nouvelle zone à *Inostranzewi* a été individualisée ; elle permet de caractériser stratigraphiquement le renouvellement faunique qui marque la base du «Karakaschicératien» *sensu* Bulot et Thieuloy [1993]. Cette nouvelle unité correspond au sommet de l'ancienne biozone à *campylotoxus*.

La redéfinition des unités biostratigraphiques a conduit à reconsidérer les limites de l'étage et des sous-étages. Ainsi, nous plaçons la limite Berriasien - Valanginien à la base de la zone à *Pertransiens*, tandis que la base de la zone à *Inostranzewi* marque la limite Valanginien inférieur - Valanginien supérieur. Ces choix ont été faits dans l'optique de faire coïncider les limites chronostratigraphiques majeures avec des renouvellements fauniques importants.

Enfin, l'analyse de la littérature permet de montrer que les biohorizons définis dans le Sud-Est de la France peuvent généralement être reconnus à l'échelle de la Téthys méditerranéenne. De ce fait, la succession vocontienne est l'outil stratigraphique à haute résolution le plus performant dont nous disposons pour les corrélations à longue distance au Valanginien.

**MOTS CLÉS.** — Biostratigraphie, Ammonites, Valanginien, SE France, Téthys méditerranéenne.

## The Valanginian biohorizon succession of SE France : a key tool for high resolution correlations in the Western Tethys

**ABSTRACT.** — The first aim of our present contribution is to present the latest developments in Valanginian ammonite biochronostratigraphy 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 partly published and discussed in various papers [Bulot *et al.*, 1992 ; Bulot and Thieuloy, 1993], but this paper is an up dated version derived from Bulot Thesis [1995].

In order to correlate biological events and chronostratigraphic subdivisions, the faunal turnovers evidenced in SE France suggest that the Berriasian-Valanginian boundary should be placed at the base of the *Pertransiens* Zone, while the base of the Late Valanginian should be drawn at the base of the new *Inostranzewi* Zone. This conception of the Valanginian has already be discussed at length by Bulot *et al.* [1992, 1993] and Bulot [1995].

All zones presented here are biochronozones *sensu* Callomon [1985]. There are defined by the phyletic appearance of their index-species (FAD) and characterized by their assemblage. Subdivision in biochronohorizons was preferred to subzones. Each biohorizon is defined by the acme of its index-species and characterized by its assemblage. For each zone the following points will be briefly discussed : index species, comments on the evolution of status and range, type-section, assemblages taxonomy of the index species, subdivision and correlation problems (if any). Following the revision of the Late Valanginian zonal scheme by Bulot

\* Université de Grenoble I, Institut Dolomieu, 15 rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble cedex, France.

*et al.* [1992], the reconsideration of the Early Valanginian subdivisions leads to two main changes.

1) The Early Valanginian zonal scheme has been entirely refined. It is now subdivided in two biochronozones, the Pertransiens and Stephanophorus Zones which have been preferred to the *pertransiens* and *campylotoxus* zones *sensu* Busnardo and Thieuloy [1979]. The reasons of this choice are discussed and a subdivision of the Stephanophorus Zone in three biohorizons is presented.

2) The new Inostranzewi Zone is introduced to characterize the base of the «Karakaschiceratien» *sensu* Bulot and Thieuloy [1993]. It corresponds to the uppermost part of the *campylotoxus* zone *sensu* Busnardo and Thieuloy [1979]. As already pointed out, this unit is considered to mark the base of the Upper Valanginian.

We do not intend to consider this new zonal scheme as a standard scale for the Valanginian of the Mediterranean region, even if most of its Late Valanginian part was already retained as workable at a global scale [Hoedemaeker and Company, 1993]. Looking forward to a possible application of the Vocontian standard scale to the rest of the Mediterranean Realm, a preliminary survey of the paleontological and biostratigraphical literature has been carried out in order to test the reproductibility of our biohorizons. As most of these units can be identified over most of the Mediterranean Region, we conclude that the Valanginian succession of SE France can be regarded as the best high resolution correlation tool available at the moment.

**KEY WORDS.** — Biostratigraphy, Ammonites, Valanginian, SE France, Mediterranean Tethys.

## 1. — INTRODUCTION

Historiquement, le Sud-Est de la France a toujours été un lieu privilégié pour l'élaboration de la biostratigraphie du Crétacé inférieur reposant sur les ammonites. En ce qui concerne l'étage Valanginien, depuis le milieu des années 1960, l'un d'entre nous [J.-P. Thieuloy] a progressivement construit le schéma zonal standard qui est actuellement reconnu à l'échelle de la Téthys occidentale [Hoedemaeker *et al.*, 1993]. Depuis 1990, de nouvelles recherches nous ont conduit à affiner cette échelle biochronostratigraphique et à proposer de nouvelles subdivisions auxquelles nous avons accordé le statut de biohorizons [Thieuloy *et al.*, 1990 ; Bulot *et al.*, 1992 et 1992a ; Bulot et Thieuloy, 1993 ; Bulot, 1995]. Le but de cet article est de résumer les résultats présentés dans ces travaux, et de tenter d'apprécier, à partir de la littérature et de nos propres observations, les potentialités d'application du cadre biochronostratigraphique du Sud-Est de la France aux différents bassins sédimentaires de la Téthys occidentale.

## 2. — PRINCIPES DE CONSTRUCTION DE LA ZONATION UTILISÉE

L'aspect théorique de la construction des échelles biochronologiques a fait l'objet de multiples publications traitant essentiellement de la valeur relative des différents types d'horizons, de sous-zones et de zones [American Commission on Stratigraphic nomenclature, 1961 ; British guide for Stratigraphic Procedure, 1978 ; Callomon, 1965 et 1985 ; Callomon et Donovan, 1966 ; Guex, 1987 ; Hancock, 1990 ; Hedberg ; 1976].

Par contre, lors de la discussion critique d'une zonation une question fondamentale est fréquemment oubliée : **sur quelles données brutes a-t-elle été construite ?** Ainsi, parmi les nombreux utilisateurs du cadre biostratigraphique «officiel» du Crétacé inférieur du SE de la France [Synthèse géologique du Sud-Est, Busnardo, 1984], combien savent :

- que la zonation du Barrémien repose quasi exclusivement sur la coupe stratotypique d'Angles ;
- que la zonation de l'Aptien inférieur est entièrement basée sur les coupes de La Bédoule ;
- que la zonation de l'Albien est une succession théorique, héritée des travaux de Breistroffer [1947] et extrapolée à partir de faunes provenant d'horizons polyzonaux de condensation.

On est en droit de se poser la question de la reproductibilité de telles zonations [Vermeulen, 1980 ; Delanoy, 1990, 1990a et 1995, ce volume ; Bulot, 1995 ; Lail, 1995, ce volume]. Depuis les travaux de Moullade et Thieuloy [1967], la zonation du Valanginien vocontien repose sur l'analyse de plusieurs dizaines de coupes situées dans tous les domaines paléogéographiques du bassin du Sud-Est de la France (fig. 1). Nous n'avons donc eu qu'à intégrer nos nouvelles observations aux données précédemment publiées. L'analyse de cette base de données a permis de mettre en évidence empiriquement une succession discontinue d'«associations fauniques élémentaires» proches de la notion d'«associations unitaires» développée par Guex [1986] et ce, bien que la quantité de matériel récolté ne soit pas suffisante pour employer un traitement mathématique.

La succession de ces unités au cours du temps est immuable et il est possible d'en identifier tout ou partie indépendamment des variations de faciès ou des

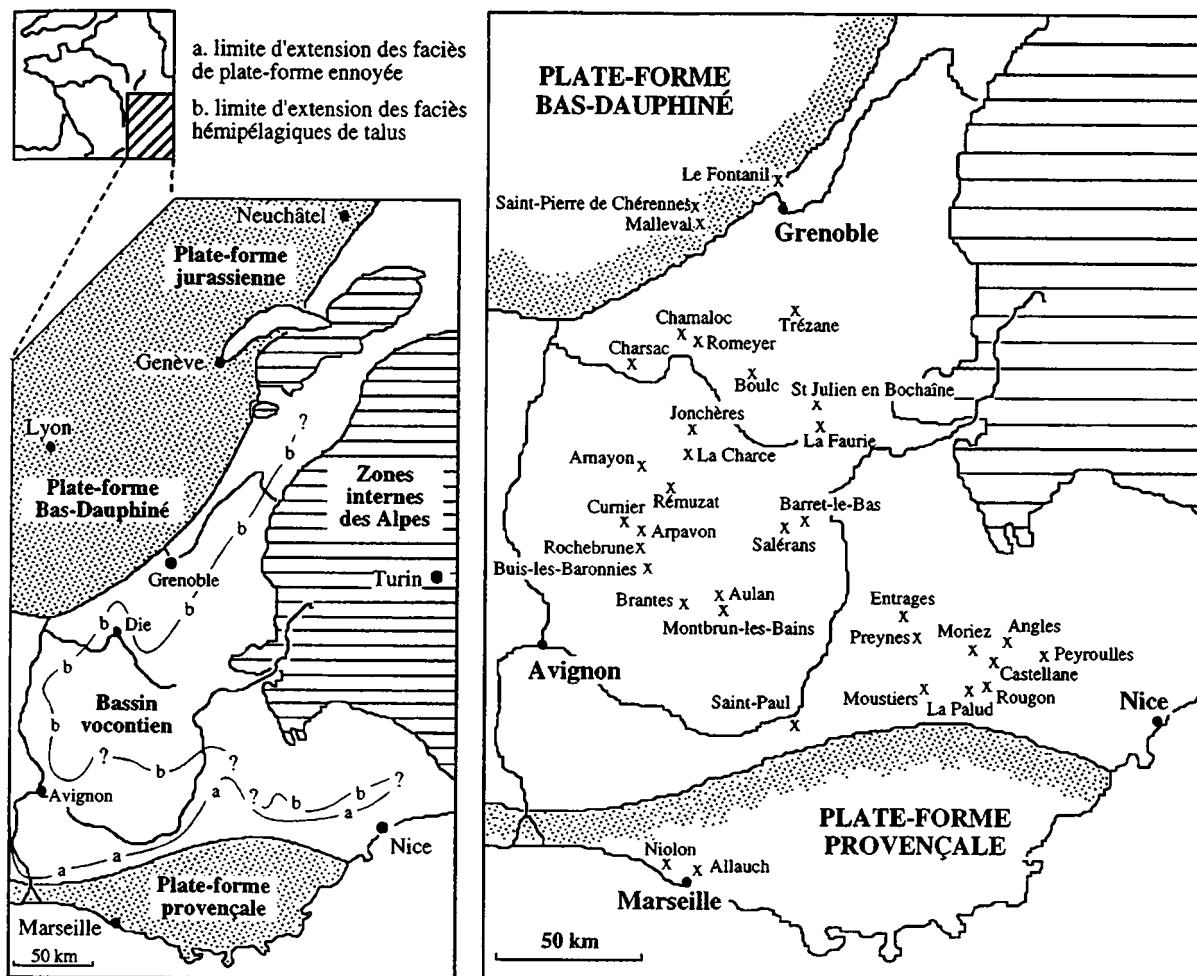


FIG. 1. – Carte paléogéographique du bassin du Sud-Est (Berriasien à Hauterivien) et localisation géographique des principales coupes étudiées regroupées par commune.

perturbations sédimentaires. Quels que soient les concepts bio- et chronostratigraphiques appliqués à cette base de données, les «associations fauniques élémentaires» sont et restent les plus petites unités biochronologiques identifiables dans le bassin du Sud-Est de la France. La zonation utilisée ici repose donc sur une succession de bio-événements (apparitions et disparitions) que l'on peut corréler, car ils sont reproductibles à l'échelle du bassin du Sud-Est. La fiabilité des corrélations proposées ne dépend donc que de la continuité de l'enregistrement paléontologique, de la richesse des assemblages et de la qualité de préservation des fossiles.

## 2.1. Les bio-horizons

La notion de sous-zone n'a pas été utilisée pour l'intervalle considéré car la validité de cette unité biostratigraphique est liée à sa reconnaissance à l'échelle de plusieurs bassins sédimentaires. En ce qui concerne la Téthys méditerranéenne, seul le Sud-Est de la France, le bassin atlantique du Maroc et le SE de

l'Espagne ont fait l'objet d'études de détail pour le Valanginien. Dans l'attente de la reconnaissance des successions biochronologiques vocontiennes dans d'autres bassins péri-téthysiens, nous avons préféré la notion de bio-horizon à celle de sous-zone. Du point de vue temporel, la durée des bio-horizons utilisés ici est de l'ordre de celle d'une sous-zone (300 à 400.000 ans).

Tels qu'ils sont conçus dans ce travail, les bio-horizons ne sont pas des unités biostratigraphiques aussi formelles que les sous-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» [«faunal horizons» in Callomon, 1965 ; bio-horizons in Callomon, 1985]. Cette approche des bio-horizons est celle utilisée pour le Jurassique par de nombreux biostratigraphes. Les bio-horizons sont des unités apparentées aux biozones. Leur extension verticale dans les coupes de référence peut être sujette à des modifications. Néanmoins, les bio-horizons ainsi définis sont susceptibles de devenir des sous-zones chronostratigraphiques après évaluation de leur potentiel de corrélation.

## 2.2. Statut des zones utilisées

Nous tenons à rappeler à nouveau 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, sa seule fonction étant de nommer la chronozone correspondante.

Tout au long du texte, la nomenclature proposée par Callomon [1985] a été adoptée pour distinguer biozones et chronozones :

- lettres minuscules et italiques pour les biozones - zone à *campylotoxus*,
- lettres majuscules et romaines pour les chronozones - zone à *Callidiscus*.

Les chronozones doivent être objectivement définies en fixant leur limite inférieure par des «clous d'or» sur des coupes de référence. 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. Les successions-type sont donc des coupes où l'information paléontologique est la plus complète possible, c'est-à-dire où l'apparition des différentes formes index n'est pas fortuite. Néanmoins, et par convention, les coupes de référence ainsi désignées n'ont pas valeur de stratotype.

C'est ainsi que le cadre biostratigraphique du Valanginien du Sud-Est de la France a été progressivement converti en échelle biochronostratigraphique [Thieuloy, 1977 ; Bulot *et al.*, 1992 ; Bulot, 1995]. A ce propos, signalons que **cette transformation des biozones en chronozones passe par l'identification du caractère phylétique et non pas fortuit de l'apparition des index au sein d'une coupe.**

## 2.3. Statut de la zonation utilisée

Le schéma zonal présenté ici doit être considéré comme valable uniquement pour le Sud-Est de la France, et cela, même si la zonation standard de la Téthys méditerranéenne s'en inspire fortement [Hoedemaeker *et al.*, 1993]. Cette échelle biochronologique est le prolongement logique des zonations «classiques» du Sud-Est de la France [Le Hégarat, 1971 ; Thieuloy, 1977a ; Busnardo et Thieuloy, 1979 ; Busnardo, 1984]. Son originalité réside dans la définition formelle des unités biochronostratigraphiques qui la constituent. Elle peut donc être considérée comme un cadre chronostratigraphique standard pour le Sud-Est de la France [«parallel standard chronostratigraphic scale» *sensu* Callomon, 1985].

Les coupes étudiées se répartissent entre les séries pélagiques du centre du bassin vocontien, les séries hémipélagiques de ses marges et les séries condensées des plates-formes péri-vocontiennes. Compte tenu des impératifs chronostratigraphiques fixés, nous avons été amené à sélectionner un ensemble de coupes de référence prises dans les faciès alternants de bassin qui offrent potentiellement les successions les plus continues (fig. 1). Le lecteur trouvera l'analyse biostratigraphique détaillée des coupes étudiées dans la publication de Bulot *et al.* [1992] et dans la thèse de Bulot [1995].

## 2.4. Limites chronostratigraphiques retenues

### 2.4.1. Berriasien - Valanginien

Lors de l'élaboration de la zonation standard du Crétacé inférieur méditerranéen, le groupe de travail «Céphalopodes» du PICG 262, dans un souci de stabilité des subdivisions stratigraphiques, a suivi les recommandations de l'IUGS [Birkelund *et al.*, 1984] et retenu la base de la zone à *otopeta* comme limite Berriasien - Valanginien [Hoedemaeker et Bulot, 1990 ; Hoedemaeker *et al.*, 1993]. Dans la réalité, cette décision ne reflète qu'un consensus et les opinions divergent toujours quant à la position de la base du Valanginien.

Les différentes interprétations de la limite Berriasien - Valanginien ont été analysées en détail par Bulot *et al.* [1993], Blanc *et al.* [1994] et Bulot [1995]. Il ressort de ces travaux qu'indépendamment des divergences de vue sur la définition des espèces-index ou la méthodologie biochronologique, tous les auteurs placent leur limite d'étage en fonction de ce qu'ils estiment être la première individualisation d'une faune «valanginienne» *sensu* Kilian [voir discussion in Bulot, 1995]. L'étude des ammonitofaunes du Berriasien terminal - Valanginien basal du SE de la France [Blanc *et al.*, 1992 ; Bulot *et al.*, 1993 ; Blanc *et al.*, 1994 ; Bulot, 1995] a montré :

- qu'il existe un intervalle de temps où les genres berriasiens et valanginiens *sensu* Kilian cohabitent ;
- que cette période est beaucoup plus longue qu'il n'avait été envisagé jusqu'à présent, et qu'elle couvre la partie supérieure de la zone à *callisto sensu* Le Hégarat [1971] et la zone à *otopeta sensu* Busnardo et Thieuloy [1979] ;
- que les espèces berriasiennes s'éteignent progressivement entre le milieu de la zone à *otopeta* et la partie inférieure de la zone à *pertransiens sensu* Busnardo et Thieuloy [1979] ;
- que la transition entre les faunes berriasiennes et valanginiennes n'est pas aussi brutale que le pensait Le Hégarat [1971].

Cet intervalle stratigraphique correspond au «niveau supérieur à *Belemnites Orbigny*, *Bel. conicus* et *Rhynchonella contracta*» de Kilian [1907-1910] et à

l'horizon de Beaucels de Mazenot [1939]. Historiquement, il appartient au Berriasien, bien qu'à la suite du Colloque sur le Crétacé inférieur de Lyon [1963], il ait été transposé dans le Valanginien.

Parallèlement, l'étude de la relation ontogénèse-phylogénèse chez les faunes d'ammonites du passage Berriasien - Valanginien montre que la plupart des genres sont des regroupements artificiels et que la composition des associations de bordure de plate-forme et de bassin sont radicalement différentes [Bulot, 1995]. Bien que le thème de notre article soit essentiellement biostratigraphique, il nous semble nécessaire de donner une illustration de l'impact de cette étude sur la chronostratigraphie de l'Eocrétaçé.

- 1) L'existence de formes de transition entre *Berriasella* s. l. et *Kilianella* s. l., *Fauriella* et *Thurmanniceras* s. l., *Erdenella* et *Sarasinella*, *Tirnovella* s. l. et *Neocomites*, contraint à disposer d'un matériel abondant et parfaitement conservé pour distinguer avec certitude les taxons caractéristiques de la sous-zone à *alpillensis* de ceux de la partie supérieure de la sous-zone à *otopeta*.
- 2) L'absence de l'espèce-index *otopeta* dans les séries de bordure de plate-forme (Jura et Arc de Castellane) réduit la valeur chronostratigraphique de ce taxon et de l'unité qu'il caractérise.

Le bio-événement le plus marquant nous semble être l'apparition concomitante de *Thurmanniceras pertransiens*, de *Calpionellites darderi* et de *Calcicalathina oblongata*. En effet, ces trois espèces sont à nos yeux d'excellents marqueurs du passage Berriasien - Valanginien car l'isochronisme de leur apparition phylétique a pu être testé à l'échelle du bassin du SE [Blanc *et al.*, 1994 ; Bulot, 1995 ; Bulot et Gardin, 1995, sous-pressé]. Cette étude nous a aussi convaincu, qu'en France, cet événement s'accompagne de l'apparition (ou de l'arrivée) du genre *Platylenticeras*, taxon caractéristique du Valanginien basal de Grande-Bretagne et d'Allemagne du Nord. Il semble donc que la base de la zone à *Pertransiens sensu* Bulot [1995] pourrait permettre d'établir une limite Berriasien - Valanginien commune aux domaines sub-boréaux et méditerranéens. C'est donc à ce niveau que nous plaçons la limite inférieure du Valanginien [Bulot *et al.*, 1993 ; Blanc *et al.*, 1994 ; Bulot, 1995].

#### 2.4.2. Valanginien inférieur - Valanginien supérieur

Nous avons déjà montré à plusieurs reprises que l'analyse globale des faunes d'ammonites du Valanginien permettait de reconnaître un renouvellement majeur dans la partie supérieure de la biozone à *campylotoxus sensu* Busnardo et Thieuloy [1979] [Bulot *et al.*, 1992 ; Bulot et Thieuloy, 1993 ; Bulot, 1995]. Ce renouvellement se traduit par l'apparition d'une association entièrement nouvelle de *Karakaschiceras*, *Neohoploceras*, *Valanginites*, *Saynoceras*, *Paquiericeras* qui correspond à la base du

«Karakaschicératien», une des trois «super-zones» introduites par Bulot et Thieuloy [1993].

Jusqu'à très récemment, la base du «Karakaschicératien» correspondait à la base du biohorizon à *K. biassalense*, introduit sans définition formelle par Bulot et Thieuloy [1993] au sommet de la zone à *campylotoxus*. Depuis, Bulot [1995] a révisé le statut et la définition de cette unité biochronologique. La définition formelle par Bulot [1995] d'une nouvelle zone à *Inostranzewi* [= horizon à *K. biassalense sensu* Bulot et Thieuloy, 1993] permet d'envisager sous un nouveau jour le problème de la position de la limite Valanginien inférieur - Valanginien supérieur. Placer la base du Valanginien supérieur à la base de la zone à *Inostranzewi* découle de trois raisons principales.

- 1) Le renouvellement générique des faunes d'ammonites accompagne à ce niveau le renouvellement des petits foraminifères benthiques [Magniez-Janin, 1991 et communication personnelle, 1994] et des nannoflores calcaires [Gardin, communication personnelle, 1994]. De plus, les calpionelles subissent une crise qui annonce leur déclin et se traduit par une réduction tant de leur diversité que de leur abondance [Blanc, Thèse en cours].

- 2) L'arrivée discrète des premiers représentants du genre boréal *Prodichotomites* dans le SE de la France s'observe dans la zone à *Inostranzewi* [Bulot et Thieuloy, 1993]. Cette «migration» s'accompagne de l'implantation dans le bassin de Basse-Saxe d'une population d'*Olcostephanus guebhardi* [Kemper *et al.*, 1981 ; Kemper, 1993], espèce qui montre son acmé dans la zone à *Inostranzewi*. En Allemagne du Nord, la limite Valanginien inférieur - Valanginien supérieur, placée à la base de la zone à *hollwedense*, est donc corrélable avec la base de la zone à *Inostranzewi*.

- 3) En l'absence de *Saynoceras verrucosum*, les *Karakaschiceras* du groupe *biassalense-inostranzewi* et les *Neohoploceras* ont souvent été retenus comme marqueur du Valanginien supérieur [Riccardi *et al.*, 1971 ; Kemper *et al.*, 1981 ; Company, 1987]. Bien que *K. biassalense* et *K. inostranzewi* persistent à la base de la zone à *Verrucosum*, l'acmé de ces deux espèces se situe dans la zone à *Inostranzewi*. Inclure cette zone dans le Valanginien supérieur permet donc de minimiser les problèmes de reconnaissance de la base de ce sous-étage dans les régions où les faunes de la zone à *Inostranzewi* et les faunes de l'horizon à *S. verrucosum* se distinguent difficilement (voir discussion dans les prochains paragraphes).

#### 2.4.3. Valanginien - Hauterivien

En 1977, l'un d'entre nous [J.-P. Thieuloy] a proposé de fixer la limite Valanginien - Hauterivien à la base de la zone à *Radiatus*, définie par la première apparition

locale de son espèce index dans la coupe de La Charce (Drôme, France). Cette proposition, conforme aux recommandations du Guide Stratigraphique International, a été retenue par la Sous-Commission de Stratigraphie du Crétacé à Copenhague [Birkelund *et al.*, 1984]. Parallèlement, ces auteurs, faisant valoir que depuis près d'un siècle la limite Valanginien - Hauterivien est traditionnellement placée à la base de la zone à *Radiatus* et qu'une modification notable de cette limite nuirait à la stabilité nécessaire à la chronostratigraphie, ont rejeté la proposition de Hoedemaeker [1984] de faire débiter l'Hauterivien avec la base de la zone à *Trinodosum*.

Depuis, la position de la limite Valanginien - Hauterivien a fait l'objet de nouvelles controverses qui ont été analysées en détail par Bulot [1995]. Dans le cadre de ce travail, nous adopterons donc pour des raisons historiques et méthodologiques, une conception classique de l'Hauterivien dont la limite inférieure est placée à la base de la zone à *Radiatus*. Nous ne sommes pas pour autant de farouches défenseurs de cette position dans la mesure où, par certains aspects, cette solution semble peu pratique (y compris dans le cadre du SE de la France).

En effet, au-delà de la nécessité d'une stabilité chronostratigraphique, et sur le plan strictement paléontologique, la faune d'ammonite de la zone à *Radiatus* présente beaucoup plus d'affinités avec les associations du Valanginien sommital (zones à *Trinodosum* et à *Callidiscus*), qu'avec celles de l'Hauterivien inférieur non basal (zones à *Loryi* et à *Nodosoplicatum*). On est donc en droit de s'interroger sur la valeur du choix d'*Acanthodiscus radiatus* comme marqueur de la base de l'Hauterivien. L'individualisation des *Acanthodiscus* à partir des *Teschenites* [Thieuloy, 1977 ; Bulot *et al.*, 1992] nous semble être un phénomène dont l'importance a été exagérée par le «succès écologique» de ces formes sur les plates-formes nord-provençale et jurassienne (région stratotypique). Partout ailleurs, les *Acanthodiscus* ne sont qu'un élément accessoire des associations de l'Hauterivien basal.

De plus, les niveaux condensés qui caractérisent les séries de plate-forme ennoyée accentuent l'abondance des *Acanthodiscus*, tandis que les hiatus sédimentaires ne permettent pas de contrôler le synchronisme de leur première apparition. En effet, rien ne permet d'affirmer que la première apparition des *Acanthodiscus* soit synchrone à l'échelle des différents bassins sédimentaires européens et il semble même que les individus d'Allemagne du Nord correspondent à un stade évolutif qui n'est pas réalisé avant le milieu de la zone à *Radiatus* dans le Sud-Est de la France [Bulot *et al.*, 1992 ; Bulot, 1995].

Dans un tel contexte, il est indispensable d'étendre l'étude biostratigraphique des couches de passage du Valanginien à l'Hauterivien à l'ensemble du biota marin. Les discussions au sein des groupes de travail de

l'IUGS ont montré qu'actuellement nous manquons de travaux de détail sur la plupart des groupes de microfossiles et de nannofossiles, mais qu'en dépit de ces imprécisions, ni les foraminifères, ni les dinoflagellés, ni les nannofossiles calcaires, ni les ostracodes ne montrent de renouvellement significatif à la base de la zone à *Radiatus*.

Par contre, la plupart de ces groupes montrent des phénomènes de spéciation dans la partie supérieure de la zone à *Trinodosum* et dans la partie moyenne de la zone à *Radiatus* sans qu'il soit pour l'instant possible de préciser exactement l'ampleur et la chronologie de ces événements. A nos yeux, rien ne s'oppose donc à ce qu'une limite biostratigraphique plus argumentée soit adoptée lors de la réunion de la Sous-Commission de Stratigraphie de l'IUGS sur les limites d'étage du Crétacé à Bruxelles en 1995.

### 3. - DÉFINITION ET CARACTÉRISATION DES BIOCHRONOZONES

Le schéma zonal du Valanginien supérieur utilisé ici a déjà fait l'objet d'une publication [Bulot *et al.*, 1992] dont les conclusions restent globalement valables, bien qu'une nouvelle subdivision ait été introduite depuis [zone à *Inostranzewi*, Bulot, 1995]. Le cadre stratigraphique du Valanginien inférieur a quant à lui été entièrement réactualisé [Blanc *et al.*, 1994 ; Bulot, 1995].

Les corrélations entre le cadre biochronostratigraphique présenté ici, les différentes biozonations du Sud-Est de la France et la zonation standard méditerranéenne sont données dans le tableau I. L'extension et le contenu des différentes associations sont synthétisés dans les tableaux 2 et 3. Du point de vue de la nomenclature paléontologique, la terminologie suivante, inspirée de Bengtson [1991], sera employée tout au long de cet article :

**s. str.** : individu parfaitement identifiable à la définition du genre ou au type de l'espèce (ou du morphotype).

**s. l.** : individu s'intégrant dans la variabilité de l'espèce admise dans ce travail.

**aff.** : individu montrant une relation phylétique avec l'espèce de référence. Potentiellement une forme de transition ou une nouvelle espèce.

**cf.** : individu dont la préservation ne permet pas d'assurer l'identité avec l'espèce de référence.

**gr.** : ensemble de taxons présentant de fortes affinités phylétiques. Potentiellement une seule espèce.

L'utilisation des guillemets avec un nom du groupe genre («*Tirnovella*» et «*Thurmanniceras*» par exemple) souligne un doute quant à l'attribution générique, sans toutefois exclure un lien phylétique avec les taxons du genre de référence. Cette nomenclature est particulièrement fréquente au passage Berriasien-Valanginien.

### 3.1. Valanginien inférieur

#### 3.1.1. Zone à *Pertransiens* sensu BULOT [1995]

**Espèce-index :** «*Tirnovella*» *pertransiens* (SAYN).

**Taxonomie :** nous renvoyons le lecteur aux études paléontologiques de Company [1987] et de Bulot [1995] pour les détails sur la variabilité de «*T.*» *pertransiens*. Il nous semble néanmoins souhaitable de rappeler qu'il existe au sein de la sous-zone à *otopeta*, des formes inédites de *Tirnovella*, qui montrent une étonnante convergence morphologique avec le taxon *pertransiens* [première description par Gayte, 1984].

Ces formes sont vraisemblablement à l'origine des controverses sur l'extension verticale de «*T.*» *pertransiens*. En effet, depuis 1981, Hoedemaeker affirme que dans la coupe de Los Miravetes (Caravaca, Espagne) le LOD de «*T.*» *pertransiens* et le LOD de «*T.*» *otopeta* sont synchrones à un banc près. Cette observation n'a été confirmée dans aucune autre coupe des Cordillères bétiques [Company et Tavera, 1982 ; Tavera, 1985 ; Company, 1987]. S'appuyant sur les publications de Le Hégarat et Remane [1968] et de Remane et Thieuloy [1973a et b], Hoedemaeker [1982 et communications personnelles] considère que dans le Sud-Est de la France, «*T.*» *pertransiens* existe déjà à la base la sous-zone à *otopeta* (équivalente de la partie inférieure de la sous-zone D3 de calpionelles). Pour Gayte [1984], «*T.*» *pertransiens* pourrait être considérée comme une espèce très variable où s'intégreraient les *Tirnovella* inédites de la base de la sous-zone à *otopeta*. Pourtant, cet auteur ajoute que «les différences d'ornementation chez le jeune laissent à penser que plusieurs espèces tendent à acquérir le même type d'ornementation sur la loge.»

Depuis, nous avons retrouvé plusieurs échantillons identiques à *Tirnovella* sp. in Gayte [1984, pl. 5, fig. 5 = *Thurmanniceras pertransiens* in Le Hégarat et Remane, 1968, pl. 1, fig. 1]. Chez l'adulte, la principale différence entre cette forme et «*T.*» *pertransiens* s. str. réside dans la flexuosité de la costulation, la discrétion et la fugacité des constrictions et le nombre de tubercules péri-ombilicaux. Par contre chez le jeune, le style costal est identique à celui des *Tirnovella* du groupe *alpillensis*. C'est vraisemblablement à cette forme que doivent être rapportées la plupart des «*T.*» *pertransiens* citées en association avec «*T.*» *otopeta* par Hoedemaeker [1982, tabl. III] (Company, 1994, communication personnelle).

La révision des collections nous a montré que la citation de «*T.*» *pertransiens* s.l. dans la sous-zone à *otopeta* des coupes de Ginestous, la Faurie-Pusteau et de Barret-le-Bas doit être considérée comme erronée [Bulot, 1995]. Tous les spécimens incriminés doivent être attribués soit à «*T.*» *otopeta*, soit à *Tirnovella* sp. sensu Gayte [1984, pl. 5, fig. 5]. Telle que nous l'interprétons, l'espèce *pertransiens* ne cohabite pas avec «*T.*» *otopeta*.

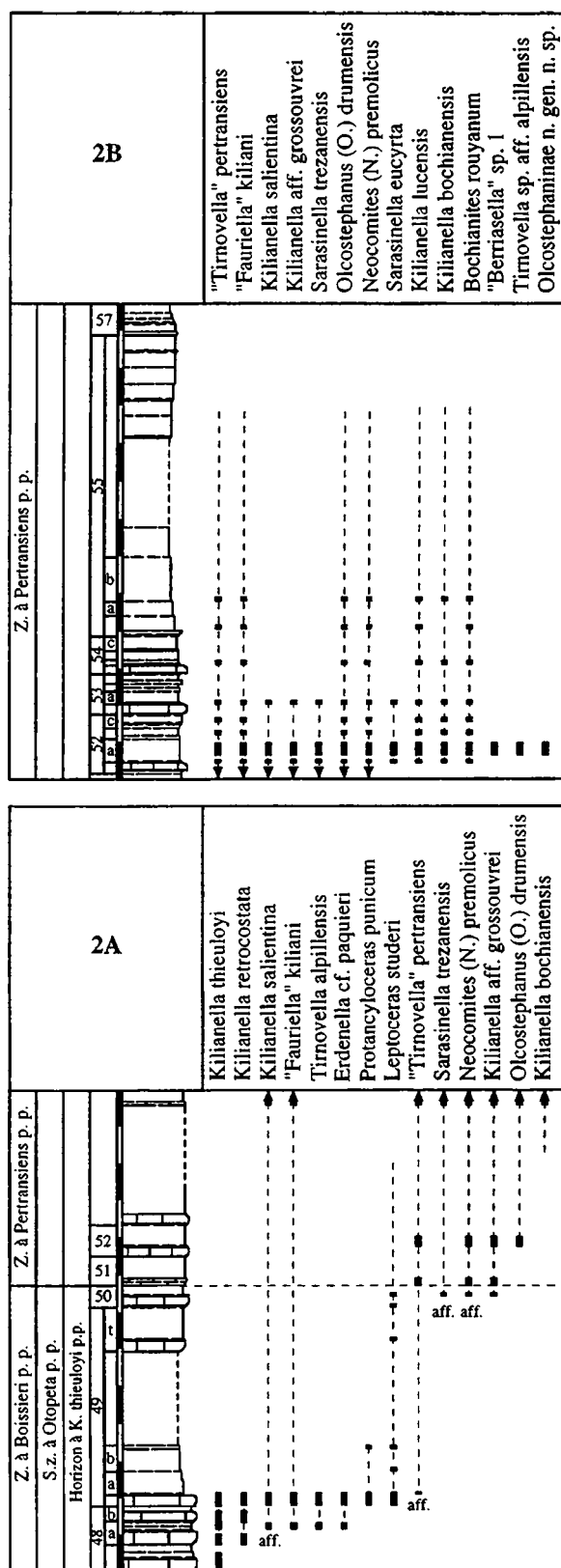


FIG. 2. - Coupe de Trézanne (Col du Papavet A et B) : succession lithologique et analyse biostratigraphique (Berriasien terminal - Valanginien basal) d'après Bulot [1995].

**Commentaires** : initialement introduite comme sous-zone, la biozone à *pertransiens* a fait l'objet de nombreuses émendations qui ont été discutées par Bulot [1995]. En accord avec Company [1987], nous considérons la zone à *Pertransiens* comme l'intervalle compris entre la première apparition de son index et la première apparition de *O. (O.) stephanophorus* (ou de *B. hirsutus*).

«*T.*» *pertransiens* est très fréquente à la base de la zone qu'elle nomme. Elle est associée à *Sarasinella eucyrtia*, *Sarasinella trezanensis*, *Neocomites (N.) premolicus*, «*Fauriella*» *kiliani* (= *Thurmanniceras thurmanni* auct non Pictet et Campiche), *Kilianella salentina* et *Kilianella lucensis*. Bien que la plupart de ces espèces soient déjà apparues dans la partie sommitale de la sous-zone à *otopeta* [horizon à *K. thieuloyi* sensu Bulot, 1995], leur acmé se situe à la base de la zone à *Pertransiens* (voir tabl. II). La faune du sommet de la zone à *Pertransiens* est peu diversifiée, mais c'est à ce niveau qu'apparaissent les premiers représentants de *Bochianites neocomiensis*.

**Coupe de référence** : la coupe du col du Papavet (Trézanne, Isère) est la succession où la première apparition phylétique de «*Timovella*» *pertransiens* peut être le mieux appréhendée (fig. 2). Le «**Golden-Spike**» de la zone à *Pertransiens* se trouve à la base du banc 51 de cette coupe.

**Potentiel de corrélation** : en France, la base de la zone à *Pertransiens* coïncide pratiquement avec la base de la sous-zone E de calpionelles, définie par le FAD de *Calpionellites darderi* [Blanc et al., 1994]. En ce qui concerne les nannoflores calcaires, le FAD de *Calcicalathina oblongata* se situe un peu au-dessus de la base de la zone à *Pertransiens* [Bulot et Gardin, 1995, sous-presses].

### 3.1.2. Zone à *Stephanophorus* sensu BULOT [1995]

**Espèce-index** : *Olcostephanus (Olcostephanus) stephanophorus* (MATHERON).

**Commentaires** : l'introduction d'une nouvelle dénomination pour la partie supérieure du Valanginien inférieur peut sembler injustifiée dans la mesure où Busnardo et Thieuloy [1979], puis Company [1987] ont respectivement proposé la zone à *campylotoxus* et la zone à *salinarium* pour caractériser un intervalle biostratigraphique approximativement équivalent à la zone à *Stephanophorus* telle qu'elle est proposée dans ce mémoire. En premier lieu, il convient de souligner que l'utilisation des deux premières unités biostratigraphiques nous semble délicate pour deux raisons.

1) Les collectes de l'un d'entre nous [J.-P. Thieuloy] dans le Gard montrent que des formes identiques ou affines à *Haploceras (Neolissoceras) salinarium* existent dès la base de la sous-zone à *otopeta* ce qui ne semble pas être le cas dans les Cordillères

bétiques où l'espèce n'apparaît qu'au sommet de la zone à *Pertransiens* [Company, 1987 et communication personnelle, 1994]. De plus, dans sa définition originelle, la zone à *salinarium* est définie par la première apparition de *Baronnites hirsutus*. Or, Bulot et al. [1990] ont montré que cette espèce avait des contraintes écologiques très particulières qui induisaient une distribution géographique limitée.

2) Bulot [1995] a montré que *B. campylotoxus* n'est connu qu'au sommet de la zone à *campylotoxus* sensu Busnardo et Thieuloy [1979]. Dans l'esprit de ces auteurs, cette zone correspondait donc à la zone d'extension («*Total Range Zone*») du genre *Busnardoites*. Or, nos dernières récoltes nous ont montré que les premiers représentants de ce genre apparaissent dès la base de l'horizon à *B. hirsutus* qui était jusqu'à présent inclus dans la zone à *pertransiens* sensu Busnardo et Thieuloy [1979]. Il semble donc difficile de conserver la notion de zone à *campylotoxus* sans altérer profondément son sens originel.

Suite à ces observations, il semble utile de proposer une alternative en utilisant la zone à *Stephanophorus* dont la base est caractérisée par un renouvellement marqué par la première apparition de l'espèce index, de *Baronnites hirsutus*, d'*Olcostephanus (Olcostephanus) josephinus*, d'*Olcostephanus (Olcostephanus) tenuituberculatus* et de *Busnardoites roberti* BULOT [1995].

C'est aussi à ce niveau que *Bochianites neocomiensis* et les premiers représentants du genre *Phyllopachyceras (P. valbellense)* apparaissent. Du point de vue taxonomique, *O. (O.) stephanophorus* a fait l'objet d'une révision par Bulot [1990]. Rappelons à ce propos que les représentants de cette espèce mentionnés dans le Valanginien supérieur sommital [Bulot et Autran, 1989, pl. 1, fig. 6-7 ; Autran, 1993, par exemple] appartiennent en fait à *O. (O.) balkanicus* [Bulot, 1990]. De ce fait, l'extension de *O. (O.) stephanophorus* est réduite à la zone à *Stephanophorus* et à la partie inférieure de la zone à *Inostranzewi*.

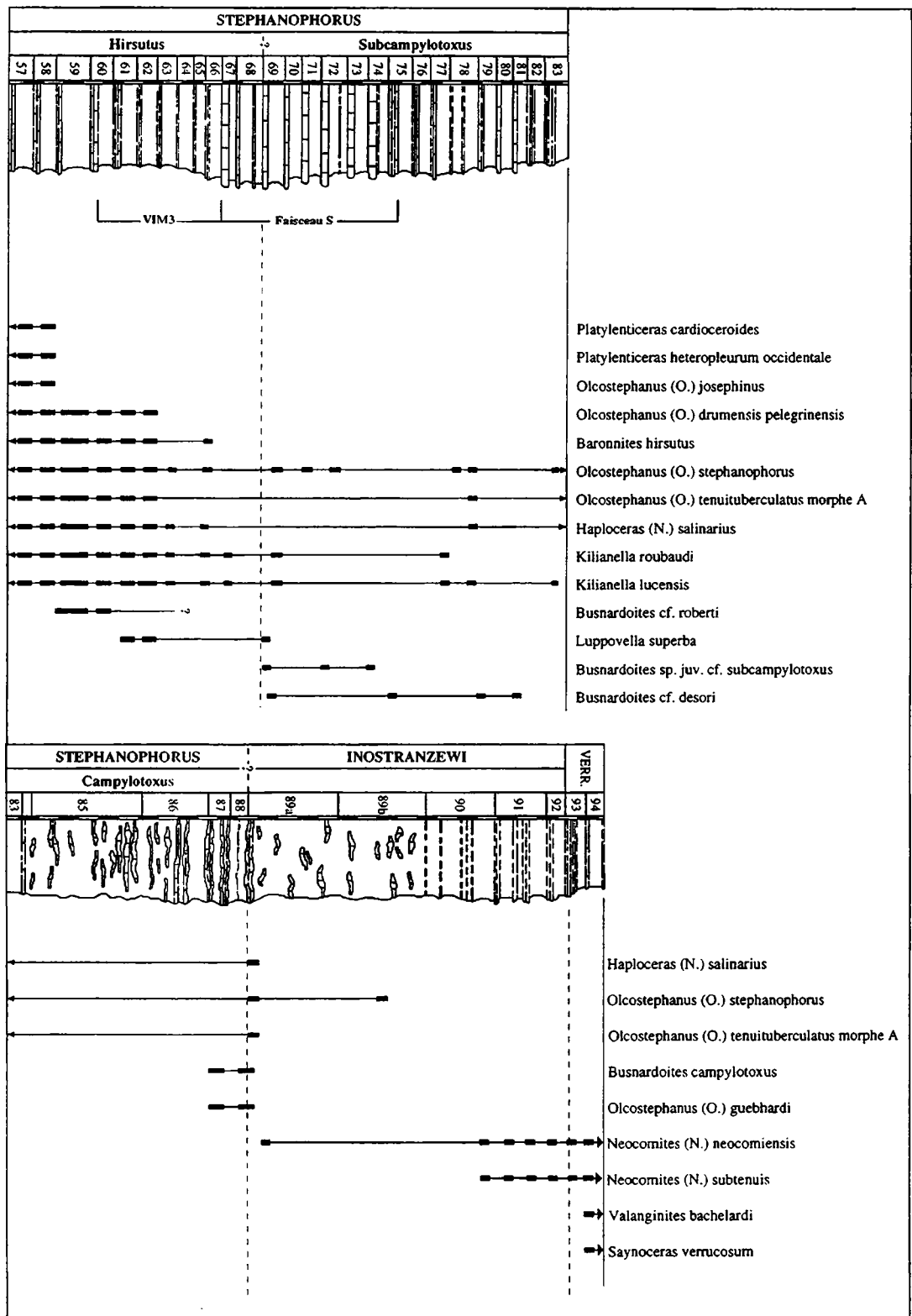
**Coupe de référence** : la coupe hypostratotypique de Barret-le-Bas a été désignée comme localité-type de la zone à *Stephanophorus* [Bulot, 1995]. Le «**Golden-Spike**» de la zone à *Stephanophorus* se trouve à la base du banc 56 (fig. 3).

**Subdivisions** : la zone à *Stephanophorus* peut être subdivisée en trois bio-horizons : horizons à *Baronnites hirsutus*, à *Busnardoites subcampylotoxus* et à *Busnardoites campylotoxus*.

### 3.1.3. Biohorizon à *Baronnites hirsutus*

**Commentaires** : introduite informellement par Busnardo et Thieuloy [1979], cette unité a été définie par Company [1987] par la première apparition de *B. hirsutus*. C'est cette définition qui a été retenue depuis [Bulot, 1995]. Les coupes de référence, ont été

Fig. 3. - Coupe de Barret-le-Bas (Les Sausses) : succession lithologique et analyse biostratigraphique. (Valanginien inférieur - Valanginien supérieur basal, zone à Inostranzewi). Lithologie modifiée d'après Busnardo et Thieulouy [1979]. Analyse biostratigraphique d'après Bulot [1995].



désignées en faciès de bassin dans le SE de la France [coupes de Barret-le-Bas, Aulan et Les Prades ; Bulot, 1995]. *B. hirsutus* a fait l'objet d'une étude détaillée par Bulot *et al.* [1990].

### 3.1.4. Biohorizon à *Busnardoites subcampylotoxus*

**Commentaires :** introduite par Bulot [1995], cette unité est destinée à caractériser la partie moyenne de la zone à *Stephanophorus* qui est généralement peu fossilifère (voir tabl. II). L'espèce index, bien qu'assez fréquente, n'est connue que sporadiquement dans les coupes de bassin.

En faciès de bordure de plate-forme, la faune à *B. subcampylotoxus* est généralement plus riche et le FAD d'*Olcostephanus* (*Olcostephanus*) *guebhardi* permet de caractériser la base de l'horizon bien que ce taxon n'ait pas une extension verticale identique à celle de l'index.

*B. subcampylotoxus* a fait l'objet d'une étude par Nikolov [1977]. Il semble que cette espèce présente un dimorphisme important qui s'exprime, sur la loge d'habitation des formes macroconches, par une ornementation composée de fortes côtes primaires trituberculées qui évoquent l'ornementation des *Distoloceras*. Bien que cette ressemblance soit du registre de l'homéomorphie, de tels exemplaires ont parfois été rapportés aux *Distoloceras* du groupe *hystrix*. Comme l'a déjà montré Thieuloy [1973], cette attribution est erronée.

### 3.1.5. Biohorizon à *Busnardoites campylotoxus*

**Commentaires :** initialement introduite comme zone par Busnardo et Thieuloy [1979], cette unité a été ramenée depuis au rang d'horizon par Bulot [1995] qui a montré que *Busnardoites campylotoxus* est limité à la partie supérieure de la zone à *campylotoxus sensu* Busnardo et Thieuloy [1979]. Son utilisation comme index ne s'accorde donc pas avec la notion de zone recommandée par Hoedemaeker *et al.* [1993].

L'espèce reste néanmoins un marqueur fiable qui est connu sporadiquement dans l'ensemble du bassin vocontien, tandis que l'espèce est fréquente dans les coupes de la plate-forme nord-provençale. En l'absence de l'index, le FAD de *Olcostephanus* (*Olcostephanus*) *guebhardi* forme type permet de caractériser le biohorizon. En faciès de bassin, *Kilianella lucensis* et *Kilianella roubaudi* disparaissent au sein de l'horizon à *B. campylotoxus*.

Tout comme *B. subcampylotoxus*, *B. campylotoxus* est affecté par un dimorphisme important, qui a été évoqué par Ettafchini [1990]. Les formes macroconches peuvent atteindre une très grande taille et montrent avec les *Distoloceras* une ressemblance qui, comme l'a montré Thieuloy [1973], est du registre de l'homéomorphie.

## 3.2. Valanginien supérieur

### 3.2.1. Zone à *Inostranzewi* sensu BULOT [1995]

**Espèce-index :** *Karakaschiceras inostranzewi* (KARAKASCH).

**Commentaires :** la zone à *Inostranzewi* correspond à plusieurs unités biostratigraphiques informelles, tels que la sous-zone à *eucyrtia* de Busnardo et Thieuloy [1979] sensu Bulot [1990] et l'horizon à *K. biassalense* de Bulot et Thieuloy [1993]. La reconnaissance d'une faune spécifique à ce niveau a conduit Bulot [1995] à introduire la zone à *Inostranzewi*. Les raisons du choix de l'index ont été discutées en détail par cet auteur et nous renvoyons le lecteur à ce travail.

La zone à *Inostranzewi* est caractérisée par une faune extrêmement diversifiée (voir tabl. III). En faciès de bassin, *Ptychophylloceras diphyllum*, *Bochianites neocomiensis* et *Haploceras* (*Neolissoceras*) *grasianum* dominant très nettement l'assemblage. L'association de *K. inostranzewi*, *Busnardoites meganae*, *Neohoploceras provinciale*, *Sarasinella biformis*, *Neocomites* (*N.*) *subtenuis*, *Olcostephanus* (*O.*) *stephanophorus*

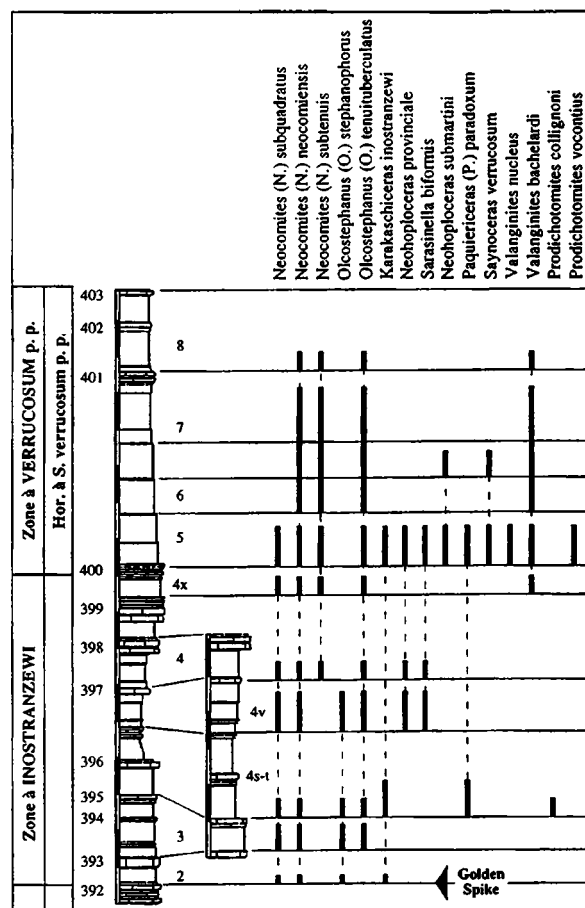


FIG. 4. - Coupe de Moriez (St-Firmin) : succession lithologique et analyse biostratigraphique. (Valanginien supérieur basal, zone à *Inostranzewi*). Biostratigraphie et lithologie modifiées d'après Bulot *et al.* [1992].

et *Olcostephanus* (*O.*) *tenuituberculatus* permet de caractériser la zone. De rares exemplaires de *Paquiericeras paradoxum*, *Julianites undulatum*, «*Saynoceras*» *contestanum*, ainsi que les premiers représentants du genre boréal *Prodichotomites*, annoncent l'association du biohorizon à *S. verrucosum*.

En faciès de bordure de plate-forme, l'association de la zone à Inostranzewi est dominée, à la base, par l'espèce index et *K. biassalense* associés à *Saynoceras fuhri* et *Valanginites paludensis*, tandis que la partie supérieure de la zone est caractérisée par l'abondance de *O. (O.) guebbardi* forme type. À côté de ces espèces, il est possible de reconnaître d'assez nombreux représentants de *Fuhriella* qui ont souvent été rapportés dans la littérature au genre *Distoloceras* [voir discussion in Bulot, 1995]. Il faut aussi noter la présence constante dans la partie inférieure de la zone à Inostranzewi d'un niveau à grands *Lytoceratidés* (*Biassaloceras*).

**Coupe de référence : le «Golden-Spike» de la zone à Inostranzewi a été placé à la base du banc 392 de la coupe de Saint-Firmin par Bulot [1995] (fig. 4)**

### 3.2.2. Zone à *Verrucosum* sensu BULOT et al. [1992].

**Espèce-index :** *Saynoceras verrucosum* (D'ORBIGNY).

**Commentaires :** l'acception actuelle de cette biochronozone couvre l'intervalle compris entre la première apparition de son espèce-index et la première apparition d'*Himantoceras trinodosum* [Bulot et al., 1992].

Aux côtés de *S. verrucosum*, les taxons *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*, ...) sert de base à la caractérisation des biohorizons 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* dominant très nettement les associations.

**Coupe de référence : le «Golden-Spike» de la zone à Verrucosum doit être placé à la base du banc 306A de l'hypostratotype d'Angles (fig. 5), et non pas à la base du banc 305 comme l'ont indiqué par erreur Bulot et al. [1992].**

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

### 3.2.3. Biohorizon à *Saynoceras verrucosum*

**Commentaires :** initialement introduit comme sous-zone de la biozone à *verrucosum* [Busnardo et Thieuloy, 1979], cette unité a été ramenée à la valeur d'horizon par Bulot et al. [1992], suite à la mise en évidence de l'horizon à *K. pronecostatum*. C'est dans ce sens que nous l'utilisons ici.

Récemment, Atrops et Reboulet [1993] ont amputé l'horizon à *S. verrucosum* de sa partie supérieure pour introduire l'horizon à *Neocomites* (*N.*) *neocomiensis*. Bien que nous n'adoptons pas cette unité, il est certain que les coupes du bassin vocontien montrent un pic d'abondance des *Neocomites* qui se situe entre la disparition de *S. verrucosum* et l'apparition de *K. pronecostatum*. Cependant, le choix de *Neocomites* (*N.*) *neocomiensis* comme index nous semble malencontreux puisque cette espèce est connue depuis la base de la zone à Inostranzewi. De plus, cet intervalle est difficile à caractériser paléontologiquement. Seule l'apparition timide de formes non décrites d'*Oosterella*, de *Neocomites* et de *Karakaschiceras* affines à *K. pronecostatum* distingue cette association de celle de la base du biohorizon à *S. verrucosum*.

Les coupes d'Angles et de Saint-Firmin (Alpes de Haute-Provence) illustrent bien le développement de la faune de l'horizon à *S. verrucosum* [fig. 10 et 12 in Bulot, 1995] dont l'espèce index a récemment été révisée par Bulot et al. [1990]. En l'absence de l'index, les acmés de *Valanginites bachelardi* et de *Neohoploceras submartini* caractérisent l'horizon à *S. verrucosum*, bien que la répartition verticale de ces deux taxons atteigne la base de la zone à *Trinodosum*.

Plus rares, *Paquiericeras paradoxum*, «*Saynoceras*» *contestanum* et *Julianites undulatum*, connus depuis la zone à Inostranzewi, semblent s'éteindre dans la partie supérieure de l'horizon à *S. verrucosum*. En faciès de bordure de plate-forme, l'acmé d'*Olcostephanus* (*Olcostephanus*) *guebbardi* morphotype *querolensis*, de *Neocomites* (*Eristavites*) *platycostatus* et de *Valanginites nucleus* permet de caractériser l'horizon à *S. verrucosum*, bien qu'aucun de ces taxons n'ait une extension verticale identique à celle de l'index.

### 3.2.4. Biohorizon à *Karakaschiceras pronecostatum*

**Commentaires :** introduit 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., 1992a], cet horizon a été formellement défini depuis par Bulot et al. [1992].

La Charce (Drôme) a été choisie par Bulot et al. [1992] comme localité de référence pour l'horizon à *K. pronecostatum*, qui débute dans cette coupe à la base du banc 207 [Bulot, 1995, fig. 13]. Il est important de noter que dans cette même coupe, Reboulet et al. [1992], considèrent que ce biohorizon débute dès le banc 205. À nos yeux, l'association qui caractérise ce niveau est équivalente à l'horizon à *N. neocomiensis*

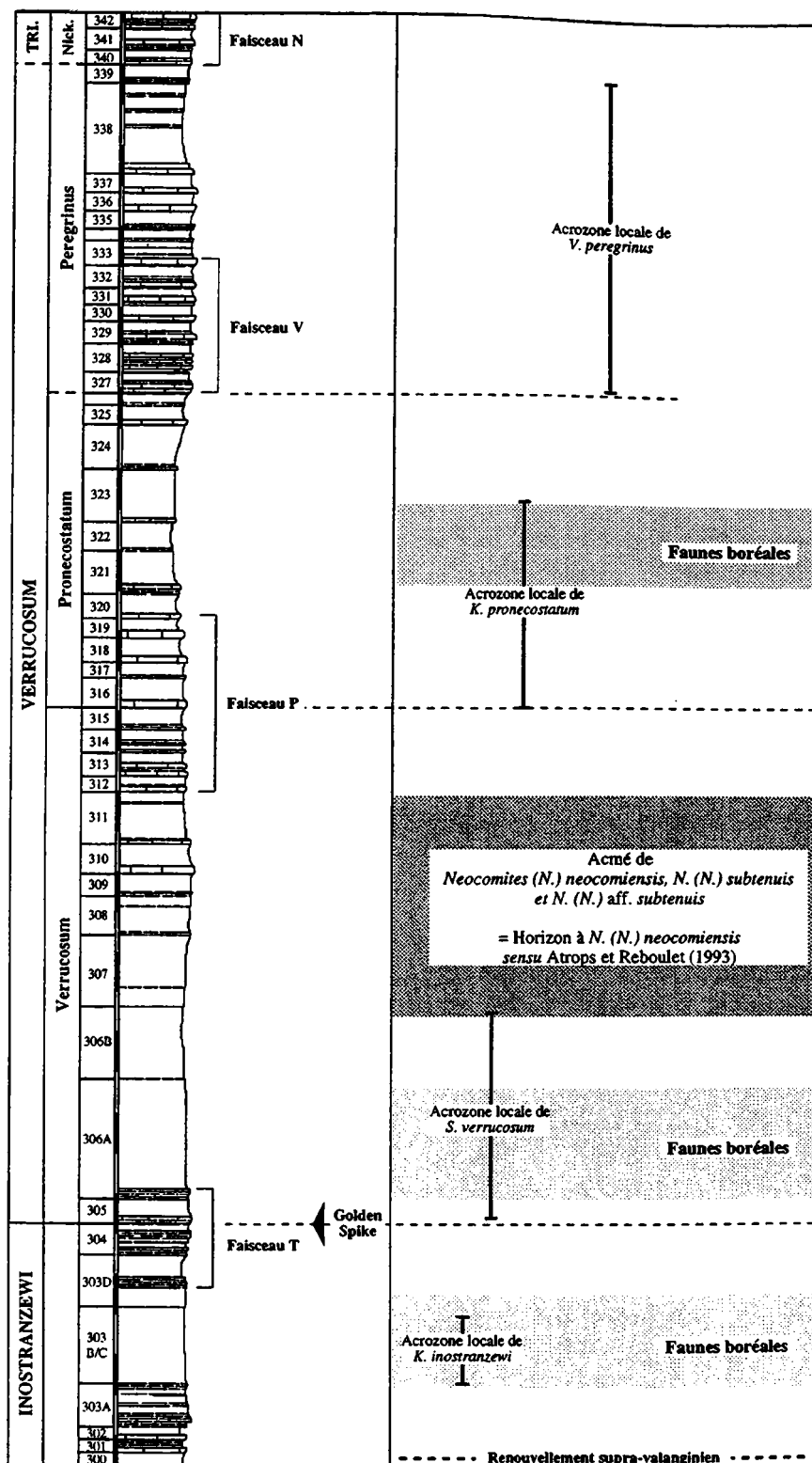


FIG. 5. – Coupe d'Angles (Les Baoussayes) : succession lithologique et principaux événements biochronologiques (Valanginien supérieur : zones à Inostranzewi et à Verrucosum). Lithologie d'après Busnardo et Thieuloy [1979], biostratigraphie modifiée d'après Bulot *et al.* [1992].

**Répartition des espèces-index** : la coupe d'Angles est nettement moins fossilifère que celle de La Charce et les premières apparitions observées sont le plus souvent fortuites. Les limites bio-chronostratigraphiques adoptées ici sont donc le résultat de l'analyse globale de la faune (Bulot *et al.*, 1992) et des corrélations séquentielles (Bulot, 1995).

[voir discussion in Bulot, 1995]. Ainsi, Reboulet *et al.* [1992] n'emploient pas exactement l'horizon à *K. pronecostatum* dans le même sens que celui utilisé dans ce travail.

La variabilité de *K. pronecostatum* a été discutée et illustrée par Bulot [1995]. L'espèce est connue dans l'ensemble du bassin vocontien et de ses marges. La faune associée se compose essentiellement de formes reliques de l'horizon à *S. verrucosum*. Elle est caractérisée par sa faible diversité. En l'absence de l'index, les acmés de *Neohoploceras depereti* et de *Rodighieroites lamberti* caractérisent l'horizon à *K. pronecostatum*. Comme Bulot *et al.* [1992] l'ont montré, la citation de *Neocomites (Neocomites) retowskyi* (SARASIN & SCHÖNDELMAYER, 1901) comme un élément important de l'horizon à *K. pronecostatum* par Reboulet *et al.* [1992, fig. 2] repose sur une erreur d'interprétation de ce taxon. Atrops et Reboulet [1993] ont d'ailleurs implicitement reconnu leur erreur lors de leur étude biostratigraphique du Valanginien supérieur hypostratotypique d'Angles.

### 3.2.5. Biohorizon à *Varlheidites peregrinus*

**Commentaires :** comme l'horizon à *K. pronecostatum*, l'horizon à *V. peregrinus* a été introduit par Bulot et Thieuloy in Bulot *et al.* [1992a] et défini formellement depuis par Bulot *et al.* [1992]. La coupe de La Charce (Drôme) a été choisie par Bulot *et al.* [1992] comme coupe de référence pour illustrer l'assemblage faunique de l'horizon à *V. peregrinus* [voir aussi fig. 13 in Bulot, 1995].

Selon Reboulet *et al.* [1992], *V. peregrinus* apparaîtrait dès la base de l'horizon à *K. pronecostatum*. Nos recherches montrent qu'il existe effectivement un recouvrement entre les distributions verticales de *K. pronecostatum* et de *V. peregrinus*, mais qu'il est beaucoup plus faible que celui admis par ces auteurs. Ce désaccord sur l'extension du biohorizon témoigne vraisemblablement d'une différence de conception pour ces deux taxons.

La variabilité et le polymorphisme de *V. peregrinus* ont été discutés et illustrés par Bulot [1995]. Les individus fragmentaires de cette espèce sont difficiles à déterminer car ils montrent des affinités avec les macroconches de *Neocomites (N.) neocomiensis*, *N. (E.) platycostatus* et *N. (Teschentes) neocomiensiformis* s. str.. C'est probablement ce type de confusion qui explique les différences entre la répartition stratigraphique de *V. peregrinus* reconnue dans ce travail et celle proposée par Reboulet *et al.* [1992].

Dominée par les Néocomitides, la faune de l'horizon à *V. peregrinus* est marquée par un important renouvellement de faunes qui affecte même les Phyllocératides (individualisation de *Phyllopachyceras winkleri*). 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.

Parmi les espèces d'intérêt stratigraphique majeur, *Oosterella fascigera* et *Sarasinella hirticula* ont une acmé contemporaine de celui de *V. peregrinus*. De même, on peut noter plusieurs modifications significatives dans la composition des populations d'ammonites :

- remplacement de la morphologie du type *depereti* par celle du type *schardti* au sein des *Neohoploceras*,
- disparition de *K. pronecostatum* forme type au profit de *Karakaschiceras* sp.1 in Company [1987],
- dérive progressive des *Olcostephanus* depuis le pôle morphologique *tenuituberculatus* vers le pôle *balestrai*,
- apparition des premiers *Holcodiscidés (Jeanthieuloyites)*.

Il est à noter que la plupart de ces espèces passent dans la zone à *Trinodosum* (base de l'horizon à *O. (O.) nicklesi*). La diversité et l'abondance de l'ammonito-faune confèrent à l'horizon à *V. peregrinus* un potentiel élevé pour les corrélations plate-forme-bassin au sein du bassin du Sud-Est.

### 3.2.6. Zone à *Trinodosum* sensu BULOT *et al.* [1992]

**Espèce-index :** *Himantoceras trinodosum* THIEULOUY.

**Commentaires :** depuis son introduction par Moullade et Thieuloy [1967], la biozone à *trinodosum* n'a pas fait l'objet de modifications fondamentales. Seule sa limite supérieure a été rehaussée lors de la redéfinition de la zone à *callidiscus* par Busnardo et Thieuloy [1979]. La zone à *Trinodosum* a été élevée au rang de biochronozone par Bulot *et al.* [1992]. Elle est définie par la première apparition de son espèce-index et s'achève avec l'apparition de *Neocomites (Teschentes) callidiscus*, marqueur de la zone suivante.

Il est important de signaler que l'acrozone d'*H. trinodosum* dépasse la zone qu'elle caractérise et que cette forme de bassin présente l'inconvénient d'être absente des faciès de bordure de plate-forme. En son absence, l'association de *Criohimantoceras gigas*, *Olcostephanus (Olcostephanus) balestrai*, *O. (O.) nicklesi* et *Neocomites (Teschentes) pachydicanus* var. A permet de caractériser la zone à *Trinodosum* bien que prises individuellement les distributions stratigraphiques de ces différents taxons ne correspondent pas exactement à l'étendue de la zone à *Trinodosum*.

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

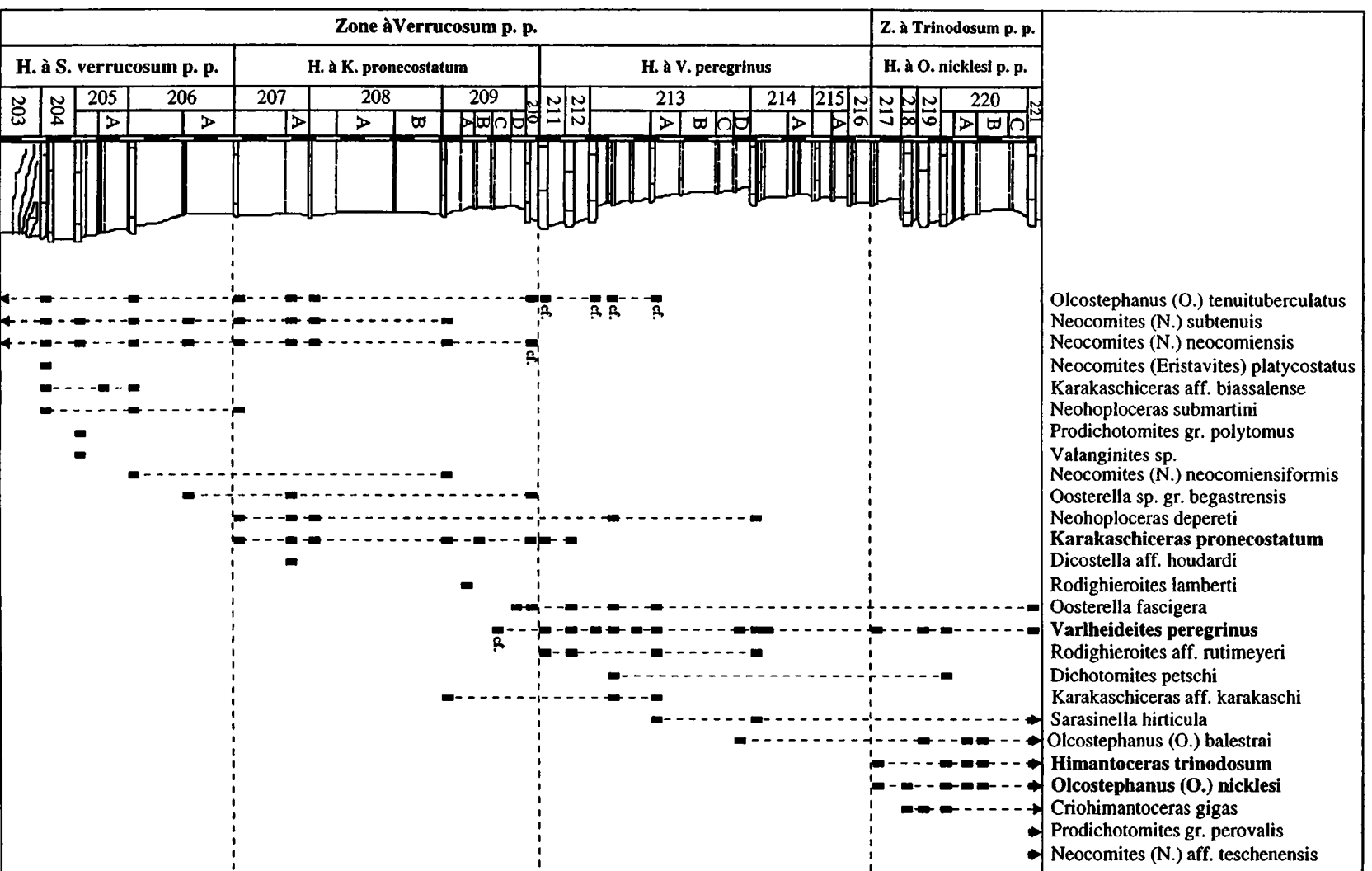


FIG. 6. - Coupe de La Charce (Sente de l'Ané) : succession lithologique et analyse biostratigraphique (Valanginien supérieur : zone à *Verrucosum*).  
Lithologie et biostratigraphie d'après Bulot [1995].

**Coupe de référence :** le «Golden-Spike» de la zone à *Trinodosum* a été placé à la base du banc 217 de la coupe de La Charce par Bulot *et al.* [1992] (fig. 6).

**Subdivisions :** la zone à *Trinodosum* peut être subdivisée en deux bio-horizons : horizons à *O. (O.) nicklesi* et à *C. furcillata*. Ces deux associations successives, aisément identifiables en faciès de bassin, sont le plus souvent absentes ou remaniées sur les bordures de plate-forme.

### 3.2.7. Biohorizon à *Olcostephanus* (*Olcostephanus nicklesi*)

**Commentaires :** l'horizon à *O. (O.) nicklesi* est l'équivalent exact de la sous-zone à *sanctifirminensis* de Busnardo et Thieuloy [1979]. La faune de cet horizon est remarquablement bien développée dans la coupe de La Charce (Drôme), que Bulot *et al.* [1992a] ont choisi comme coupe de référence [voir aussi fig. 14 in Bulot, 1995].

*O. (O.) nicklesi* a fait l'objet d'une révision récente [Bulot, 1990]. Rappelons simplement au lecteur qu'il existe deux morphotypes successifs : la forme type qui caractérise la partie inférieure du bio-horizon et le morphotype *thieuloyi* AUTRAN (1993) qui apparaît à son sommet et s'éteint dans l'horizon à *C. furcillata*. 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 bio-horizon. La partie supérieure de l'horizon est marquée par un très net appauvrissement de la faune (disparition des *Vartheideites*, *Karakaschiceras*, *Neohoploceras* et *Rodighierites*), tandis qu'apparaissent timidement les premiers représentants de *Teschenites pachydicranus* var. A.

### 3.2.8. Biohorizon à *Criosarasinella furcillata*

**Commentaires :** 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 *Teschenites pachydicranus* var. A. Cette proposition a été longuement discutée par Bulot *et al.* [1992] et Bulot [1995] qui réfutent la validité de cette unité biostratigraphique. Nous renvoyons le lecteur désireux de connaître le détail de l'argumentation des différents auteurs à ces publications.

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 *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.

La faune de l'horizon à *C. furcillata* est remarquablement bien développée dans la coupe de La Charce qui a été choisie par Bulot *et al.* [1992] comme coupe de référence [voir aussi fig. 14 in Bulot, 1995]. Le genre *Criosarasinella* est strictement limité au biohorizon à *C. furcillata*. Même à l'état fragmentaire, les *Criosarasinella* sont faciles à reconnaître par l'aspect particulier de leurs côtes primaires qui bifurquent très haut sur les flancs. Bien que *N. (T.) pachydicranus* var. A montre une acrozone qui débute dans le sommet de l'horizon à *O. (O.) nicklesi* et finit à la base de la zone à *Radiatus*, l'association de ce taxon avec *Eleniceras tchecchitevi*, *N. (T.) drumensis*, *O. (O.) nicklesi* morphotype *thieuloyi* et *O. (O.) densicostatus* semble caractériser parfaitement l'horizon à *C. furcillata*.

### 3.2.9. Zone à *Callidiscus* sensu BULOT et al. [1992]

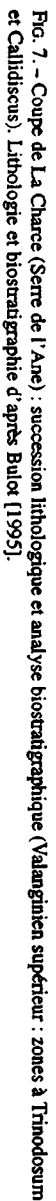
**Espèce-index** *Neocomites (Teschenites) callidiscus* (THIEULOUY).

**Commentaires :** depuis sa définition formelle par Thieuloy [1977], la limite inférieure de la biozone à *callidiscus* a été rehaussée par Busnardo et Thieuloy [1979]. Dans sa définition originelle cette biozone comprenait 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.

Dans la plupart des localités du bassin vocontien, l'espèce-index est fréquente et n'occupe que quelques bancs à la base de la zone à *Callidiscus*. Aux côtés de *T. callidiscus*, les taxons *T. pachydicranus* forme type, *T. flucticulus*, *Eleniceras transsylvanicum* et *O. (O.) densicostatus* sont les formes les plus fréquentes, bien que toutes ces espèces passent dans la zone à *Radiatus*. Le reste de la faune (*Jeanthieuloyites*, *Oosterella*, ...) est trop rare pour pouvoir être d'une réelle utilité stratigraphique.

**Coupe de référence :** la coupe hypostratotypique d'Angles a été désignée par Thieuloy [1977] 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 Busnardo et Thieuloy [1979], le «Golden-Spike» de la zone à *Callidiscus* a été placé à la base du banc 373 [voir fig. 15 in Bulot, 1995].

**Subdivisions :** un horizon à *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 *T. pachydicranus* forme type et *T. flucticulus* sans *Acanthodiscus radiatus*). Bulot [1990]



et 1993], puis Reboulet *et al.* [1992] ont successivement individualisé des horizons à *T. flucticulus* et à *T. pachydricranus* 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, car 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 entre les *Teschenites* s. str. d'une part et les *Acanthodiscus* et *Breistofferella*, d'autre part.

### 3.2.1.0. Biohorizon à *Neocomites* (*Teschenites*) *callidiscus*

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

La faune de cet horizon est remarquablement bien développée dans la coupe de La Charce (Drôme), qui a été choisie par Bulot *et al.* [1992] comme coupe de référence [voir aussi fig. 16 in Bulot, 1995]. Lors de sa création par Thieuloy [1971], *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. En absence de l'index, cet horizon ne peut se distinguer des associations sous- et sus-jacentes que par défaut : abondance relative des *T. pachydricranus* var. A et de *Teschenites* aff. *flucticulus*, fréquence des petites *Oosterella* à carène bordée de sillons du groupe *vilanovae-vidali* et persistance de formes de la zone à *Trinodosum* (*Himantoceras trinodosum*).

## 4. - LA SUCCESSION DES BIOHORIZONS DU SUD-EST DE LA FRANCE EST-ELLE APPLIQUABLE AUX AUTRES BASSINS SÉDIMENTAIRES DE LA Téthys OCCIDENTALE ?

Jusqu'à présent, les travaux conduits dans le cadre du PICG - Tethyan Cretaceous Correlations - ont montré qu'il était possible, au Crétacé inférieur, d'utiliser un cadre biostratigraphique commun à l'ensemble de la Téthys méditerranéenne [Hoedemaeker et Bulot, 1990 ; Hoedemaeker *et al.*, 1993]. Les articles qui composent ce volume et les résumés de la réunion de Piobbico [Cecca Ed., 1994] confirment non seulement la reproductibilité de la succession des zones valanginiennes à l'échelle des bassins sédimentaires méditerranéens, mais montrent aussi qu'il est possible d'appliquer cette zonation à des secteurs beaucoup plus éloignés de la Téthys tel que le Mexique [Gonzalez-Arreola *et al.*, 1994 et ce volume]. Par ailleurs, l'un d'entre nous [Bulot, 1990], a montré que les faunes d'*Olcostéphanides* qui caractérisent la partie supérieure de la zone à Loryi et la base de la zone à *Nodosoplicatum* sont connues sur des secteurs

géographiques encore plus vastes, puisqu'elles atteignent certains bassins circum-pacifique (Pérou) et est-africain (Tanzanie).

Notre propos n'est pas de détailler plus avant cet aspect des corrélations, mais plutôt de discuter des potentialités de corrélations des biohorizons vocontiens qui, rappelons-le, correspondent à des « associations fauniques élémentaires », les plus petites unités biochronologiques identifiables dans le bassin vocontien. Lors de la réunion de Mula [Hoedemaeker *et al.*, 1993], un certain nombre de ces biohorizons ont été introduits dans l'échelle standard méditerranéenne sans que pour autant leur validité, hors du SE de la France, ait été réellement discutée.

Malheureusement, les études biostratigraphiques banc à banc des séries valanginiennes du domaine méditerranéen sont rares, et donc, dans la plupart des cas, l'identification des biohorizons ne repose que sur les faunes figurées dans la littérature, dont la position stratigraphique exacte n'est pas toujours connue. Nous avons cependant tenté d'analyser l'ensemble des données à notre disposition afin de démontrer qu'il est potentiellement possible de reconnaître la plupart des biohorizons vocontiens dès que l'on dispose d'études détaillées telles que les synthèses régionales de Company [1987] et Ettachfini [1991]. De ce fait, l'objet des paragraphes qui suivent n'est pas de donner une vision exhaustive des potentialités de corrélations, mais d'inciter à entreprendre des études biostratigraphiques de détail qui permettraient d'affiner les corrélations à longue distance.

### 4.1. Zones à Pertransiens et à Stephanophorus

A la différence de «*Tirnovella*» *pertransiens*, très répandue [Hongrie, Fülöp, 1964 ; Bulgarie, Dimitrova, 1967 ; Espagne, Company, 1987 ; Mexique, Gonzalez-Arreola, 1994 ; etc.], *O. (O.) stephanophorus* est assez mal documenté sur le pourtour méditerranéen. Ce taxon qui a souvent été confondu avec *Olcostephanus* (*O.*) *perinflatus* [Fülöp, 1964 ; Company, 1987 par exemple], jusqu'à sa révision par Bulot et Autran [1989], existe avec certitude en Tunisie, au Maroc, en Hongrie, en Espagne, et vraisemblablement aussi au Mexique [Bulot, 1990 et données inédites].

En dépit de cet handicap, la zone à *Stephanophorus* peut généralement être identifiée par les associations à *Busnardoites*, *Kilianella* et *Haploceras* (*Neolissoceras*) *salinarium*. Cette association existe en Roumanie [Avram, 1990 et 1995, ce volume], dans les Carpathes polonaises, tchèques et slovaques [Vašíček, 1975 et 1995, ce volume], en Hongrie [Fülöp, 1964 et Bulot, données inédites], en Bulgarie [Nikolov, 1977], en Autriche [Immel, 1987], en Espagne [Company, 1987] et au Maroc [Ettachfini, 1991]. Dans la plupart de ces bassins sédimentaires, la grande épaisseur des sédiments de cette partie du Valanginien inférieur n'a pas particulièrement encouragé les études biostratigraphiques.

|             |           | SE France<br>(BRGM, 1984) | PICG 262                    |                                        | SE de la FRANCE<br>(Atrops et Reboulet, 1993)                   | SE de la FRANCE<br>(Bulot, 1995) |                                             |
|-------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
| HAUTERIVIEN | SUPÉRIEUR | Angulicostata             | Angulicostata auct.         | Catulloi                               | Non Étudié                                                      | Angulicostata auct.              | Catulloi                                    |
|             |           |                           | Angulicostata auct.         |                                        |                                                                 |                                  | Angulicostata auct.                         |
|             |           | Balearis                  | Balearis                    |                                        |                                                                 | Balearis                         |                                             |
|             |           | -----                     | Ligatus                     |                                        |                                                                 | Ligatus                          | Mimica                                      |
|             | INFÉRIEUR | Sayni                     | Sayni                       |                                        | Non Étudié                                                      | Sayni                            |                                             |
|             |           | Cruasense                 |                             | Cruasense                              |                                                                 |                                  | Cruasense                                   |
|             |           | Nodosoplicatum            | Nodosoplicatum              |                                        |                                                                 | Nodosoplicatum                   |                                             |
|             |           | Loryi                     | Loryi                       | Jeannoti<br>Loryi                      |                                                                 | Loryi                            | Jeannoti<br>Loryi                           |
| VALANGINIEN | SUPÉRIEUR | Callidiscus               | Callidiscus                 | Callidiscus                            | Pachydichranus<br>Callidiscus<br>Pachydichranus A<br>Furcillata | Callidiscus                      | Callidiscus                                 |
|             |           | Trinodosum                | Trinodosum                  | Trinodosum                             | Nicklesi                                                        | Trinodosum                       | Furcillata<br>Nicklesi                      |
|             |           | Verrucosum                | Verrucosum                  | Verrucosum                             | Peregrinus<br>Pronecostatum<br>Verrucosum                       | Verrucosum                       | Peregrinus<br>Pronecostatum<br>Verrucosum   |
|             |           |                           |                             |                                        | Biassalense                                                     | Inostranzewi                     |                                             |
|             | INFÉRIEUR | Campylotoxum              | Campylotoxum/<br>Salinarium |                                        | Non Étudié                                                      | Stephanophorus                   | Campylotoxus<br>Subcampylotoxus<br>Hirsutus |
|             |           | Pertransiens              | Pertransiens                |                                        |                                                                 | Pertransiens                     |                                             |
|             |           | Otopeta                   |                             | Otopeta                                |                                                                 |                                  | Otopeta Thieul.<br>Otopeta                  |
|             | BER.      | Boissieri                 | Boissieri                   | Alpillensis<br>Picteti<br>Paramimounum |                                                                 | Boissieri                        | Alpillensis<br>Picteti<br>Paramimounum      |

TABL. I. - Corrélations entre la zonation proposée dans cet article [Bulot *et al.*, 1992; Bulot, 1995], le cadre stratigraphique de la Synthèse géologique du Sud-Est de la France [Thieuloy, 1977; Busnardo et Thieuloy, 1979; Busnardo, 1984], l'échelle standard méditerranéenne [PICG 262, Hoedemaeker *et al.*, 1993] et les travaux récents sur le bassin vocontien [Reboulet *et al.*, 1992, Atrops et Reboulet, 1993]. Caractères italiques : nouvelles unités introduites dans le cadre du PICG 362 [Bulot *et al.*, 1992].

phiques de détail ; il est donc extrêmement délicat d'y distinguer la succession de biohorizons reconnue dans le SE de la France.

#### 4.1.1. Biohorizon à *Baronnites hirsutus*

Hors de France, *B. hirsutus* n'a été signalé que dans les Cordillères bétiques du SE de l'Espagne où elle caractérise la base de la zone à *salinarium* [Company, 1987, pl. 14, fig. 13]. La citation de cette espèce dans le Caucase doit être considérée comme erronée ; l'exemplaire figuré par Kvantaliani et Sakharov [1986, pl. 2, fig. 5] est en fait un morphotype costulé de *Saynoceras verrucosum*. Bulot *et al.* [1990] ont souligné que, tant dans le bassin vocontien qu'en Espagne, la répartition paléogéographique des *Baronnites* est limitée à des zones hautes (horsts) situées au pied du talus. Il pourrait en être de même pour la plupart des formes caractéristiques de cet horizon (tabl. II) qui n'ont jamais été signalées ailleurs que dans le SE de la France. A l'exception du Maroc où Ettachfini [1991, pl. 10, fig. 8-9] a signalé deux échantillons adultes de *Spiticer*

(*Kilianiceras*) *diense*, espèce présente dans l'horizon à *B. hirsutus* dans le SE de la France, il est quasiment impossible de savoir, dans l'état actuel de nos connaissances, s'il existe des équivalents de l'association à *B. hirsutus* à l'échelle de la Téthys méditerranéenne.

#### 4.1.2. Biohorizon à *Busnardoites subcampylotoxus*

Depuis sa description à partir de populations bulgares [Nikolov, 1977], *B. subcampylotoxus* n'a été signalé qu'en France et en Espagne [Company, 1987], où l'espèce est généralement abondante dans les séries de bordure de plate-forme et de talus. Il est d'ailleurs surprenant que ce taxon n'ait pas été signalé dans d'autres bassins péri-méditerranéens.

Comme nous l'avons vu plus haut, la faune de l'horizon à *B. subcampylotoxus*, peu diversifiée, se compose essentiellement de formes connues depuis l'horizon à *B. hirsutus* (*Furhiella* et *Kilianella* par exemple). En l'absence de données stratigraphiques rigoureuses, les deux biohorizons sont donc difficiles à

distinguer. Signalons simplement que le morphotype primitif de *O. (O.) guebhardi* [pl. 1, fig. 2 in Bulot, 1992], inconnu dans les niveaux sous-jacents, est fréquent dans l'horizon à *B. subcampylotoxus*. A partir de ces remarques, rien ne s'oppose à ce que cette unité biostratigraphique soit représentée dans les Carpathes [formation des Oberen Tesin-Schichten, Uhlig, 1902].

#### 4.1.3. Biohorizon à *Busnardoites campylotoxus*

*Busnardoites campylotoxus* et ses formes affines (*B. concordis* par exemple) ont été citées et figurées à de nombreuses reprises sur tout le pourtour méditerranéen. Ainsi, l'index est connu avec certitude dans le Caucase [Kvantaliani et Sakharov, 1986], en Roumanie [Avram, 1990], en Bulgarie [Nikolov, 1977], dans les Carpathes tchécoslovaques et polonaises [Uhlig, 1902 ; Vašíček et Michalík, 1986 ; Vašíček, 1995, ce volume], en Espagne [Company, 1987] et au Maroc [Ettachfini, 1991]. Si l'on étend ces observations au domaine indo-pacifique, *B. campylotoxus* est aussi connu au Pakistan [Fatmi, 1977] et à Madagascar [Collignon, 1962].

Malheureusement, à de rares exceptions [Company, 1987 ; Ettachfini, 1991], les données biostratigraphiques de la littérature ne permettent pas d'identifier formellement l'horizon à *B. campylotoxus* car l'absence de coupes détaillées ne permet pas de distinguer cette unité des niveaux où *B. campylotoxus* est associé à des *Karakaschiceras* (base de la zone à *Inostranzewi*).

#### 4.2. Zones à *Inostranzewi* et à *Verrucosum*

Rappelons que ces deux zones réunies correspondent au «Karakaschiceratien». Les figurations de *Karakaschiceras* et *Neohoploceras* dont l'abondance caractérise cette partie du Valanginien supérieur sont extrêmement nombreuses. En ce qui concerne la Téthys méditerranéenne, ces deux genres sont connus au Caucase [Kvantaliani et Sakharov, 1987], en Crimée [Karakasch, 1907 ; Drushchits, 1960], en Roumanie [Avram, 1990], en Bulgarie [Dimitrova, 1967 ; Mandov, 1976], en Suisse [Wyssling, 1986], en Espagne [Company, 1987], au Maroc [Ettachfini, 1991] et en Algérie [Benest et al., 1994].

Si l'on étend la zone d'étude à l'ensemble de la Téthys, les *Karakaschiceras* et les *Neohoploceras* sont aussi connus tant dans la province caraïbe [Young, 1988 ; Gonzalez-Arreola et al., 1994 et ce volume ; Bulot, données inédites] que dans le domaine indo-pacifique [Collignon, 1962 ; Fatmi, 1977 ; Cooper, 1981]. Des formes affines à *Karakaschiceras* ont aussi été décrites dans le bassin de Neuquén en Argentine [Riccardi et al., 1977].

Rappelons que les associations typiques à *Karakaschiceras* sont plus particulièrement développées sur les bordures de plate-forme [Bulot, 1993 et 1995]. Dans ce type d'environnement, les *Olcostephanus* du groupe *guebhardi* - *atherstoni* sont

extrêmement fréquents. Contrairement à une opinion souvent défendue dans la littérature [Cooper, 1981 ; Autran, 1993 par exemple], ces niveaux ne caractérisent pas le Valanginien sommital [voir discussion in Bulot, 1990 ; 1992 ; Bulot et Company, 1991].

##### 4.2.1. Biohorizon à *Saynoceras verrucosum*

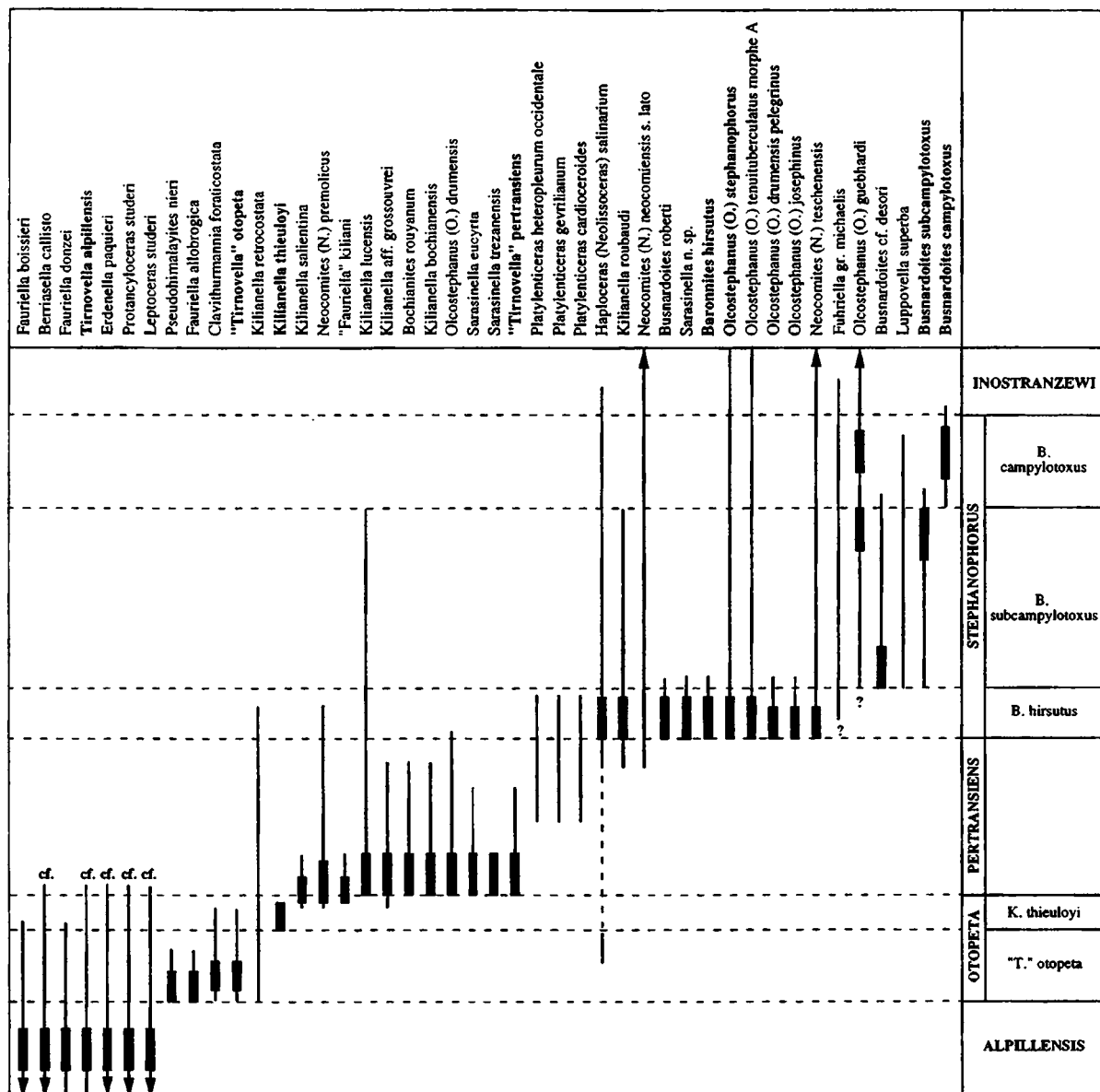
*S. verrucosum* a été reconnue dans le Caucase [Kvantaliani et Sakharov, 1987, pl. 2, fig. 1-4], en Roumanie [Avram, 1990a, pl. 1, fig. 11], en Bulgarie [Dimitrova, 1967, pl. 46, fig. 5-6], en Italie [Cecca, 1985, pl. 5, fig. 2], en Espagne [Company, 1987, pl. 14, fig. 14-16]. Bien qu'il n'ait pas été figuré, l'index a aussi été signalé en Tunisie [Memmi, 1981, p. 177] et en Algérie [Nikolov, 1987, p. 90]. *Saynoceras verrucosum* est aussi connu dans la province caraïbe [Colombie, Etayo-Serna et Rawson, communications personnelles]. Cette vaste répartition géographique ne doit pas faire oublier le caractère ponctuel de la distribution des populations de *Saynoceras verrucosum* dans la plupart des bassins sédimentaires mentionnés ci-dessus [voir en particulier Memmi, 1981 et Company, 1987].

Il découle de cette remarque que dans de nombreux cas l'horizon à *S. verrucosum* ne peut être identifié qu'avec l'aide d'autres espèces telles que *Saynoceras contestanum*, *Valanginites nucleus* (et morphotypes), *Valanginites bachelardi*, *Neohoploceras submartini*, *Olcostephanus (O.) guebhardi querolensis* dont la répartition n'est pas strictement limitée à cette unité (voir tabl. III). Prise individuellement, aucune d'elles ne permet d'attribuer avec certitude un niveau à l'horizon à *S. verrucosum*.

##### 4.2.2. Biohorizon à *Karakaschiceras pronecostatum*

Bulot [1995, pl. 13] a illustré la variabilité intraspécifique d'une population vocontienne de *Karakaschiceras pronecostatum*. Cette iconographie montre qu'il est parfois difficile de distinguer les différentes espèces de *Karakaschiceras* à partir d'individus isolés. Ainsi, *K. pronecostatum* a fréquemment été confondu avec *K. biassalense* et *K. inostranzewi*, ce qui explique que la répartition stratigraphique de ces trois espèces varie d'un auteur à l'autre. Nous aurons l'occasion de faire une mise au point sur ces problèmes dans une publication ultérieure. Dès maintenant, nous considérons que *K. pronecostatum* est connu avec certitude en Crimée [Karakasch, 1907, pl. 10, fig. 10 et pl. 11, fig. 1], en Autriche [Wyssling, 1986, pl. 8] et en Algérie [Benest et al., 1994].

Cette aire de répartition peut être étendue à la Roumanie, à la Bulgarie, à l'Espagne et au Maroc dans la mesure où nous considérons que certains spécimens rapportés à *K. biassalense* par Avram et Gradinaru [1993, pl. 6, fig. 9], Mandov [1976, pl. 21, fig. 3], Company [1987, pl. 12, fig. 5] et Ettachfini [1991, pl. 8, fig. 6] sont des *K. pronecostatum*. Par contre, la qualité



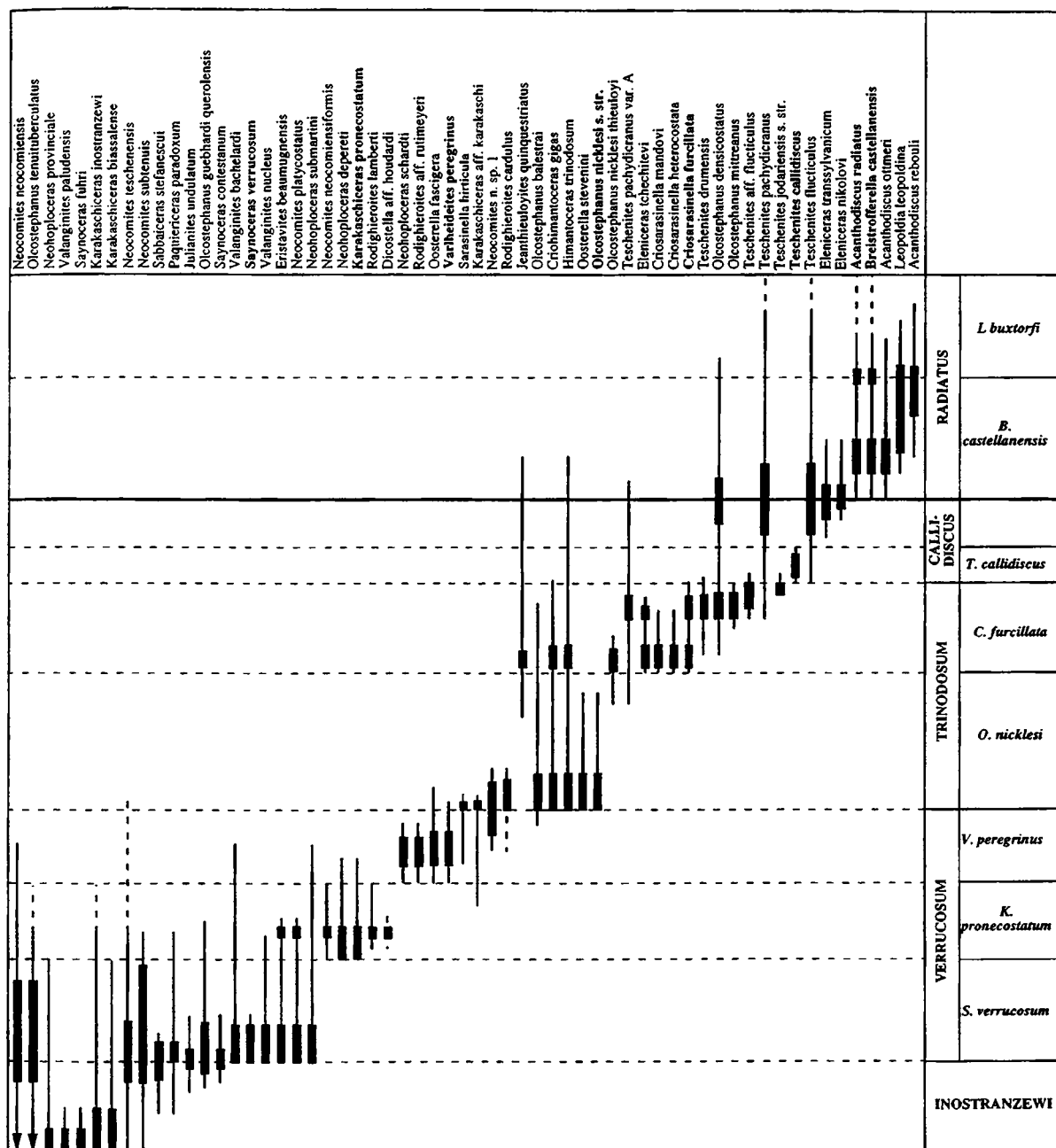
TABL. II. - Répartition stratigraphique synthétique des principales espèces rencontrées dans le Berriasien sommital et le Valanginien inférieur du Sud-Est de la France (zones à *boissieri* pro parte, à Pertransiens et à Stephanophorus). La signification taxonomique accordée aux différentes espèces a été précisée par Bulot [1995].

des figures ne permet pas de se prononcer sur l'identification des exemplaires rapportés à *K. pronecostatum* par Dimitrova [1967, pl. 62]. Enfin, ce taxon est aussi présent dans le domaine indo-pacifique (Pakistan et Madagascar) où il a été figuré par Fatmi [1977, pl. 11, fig. 8, *Leopoldia* sp.] et Collignon [1962, fig. 889-890].

Dans la mesure où *K. pronecostatum* est pratiquement limité au biohorizon qu'il occupe (voir tabl. III et fig. 6), il est possible de considérer que dans la majorité des cas la présence de ce taxon indique sans équivoque le biohorizon qu'il nomme. Pour être

parfaitement certain de cette attribution stratigraphique, l'espèce doit être associée à des *Valanginites* et à des *O. (O.) guehardi querolensis* ce qui est d'ailleurs le cas en Espagne et au Maroc.

En l'absence de cette association, il semble que *Neocomites (N.) neocomiensiformis* s. str. soit strictement limité à l'horizon à *K. pronecostatum*. De ce fait, l'horizon est donc potentiellement représenté dans les Carpathes tchécoslovaques où elle a été initialement décrite [Uhlig, 1902]. *Neocomites (N.) neocomiensiformis* reste néanmoins une espèce d'utilisation très délicate du fait de son homéomorphie



TABL. III. - Répartition stratigraphique synthétique des principales espèces rencontrées dans le Valanginien supérieur et l'Hauterivien basal du Sud-Est de la France (zones à Inostranzewi, à Verrucosum, à Trinodosum, à Callidiscus et à Radiatus *pro parte*). La signification taxonomique accordée aux différentes espèces a été précisée par Bulot [1995].

avec les autres macroconches de Néocomitides du Valanginien supérieur [voir discussion in Thieuloy et al., 1990 et Bulot, 1995].

#### 4.2.3. Biohorizon à *Varlheideites peregrinus*

A l'échelle de la Téthys méditerranéenne, *Varlheideites peregrinus*, classiquement considéré comme une espèce sub-boréale d'origine téthysienne,

n'a jamais été signalé ailleurs que dans le Sud-Est de la France [Thieuloy et al., 1990 ; Bulot et al., 1992 ; Bulot, 1995]. *Varlheideites peregrinus*, associé à des *Rodighieroites* du groupe *rutimeyeri* - *belimelensis* existe aussi dans les nappes helvétiques [données inédites, Bulot et Kuhn, en cours]. En Crimée, Karakasch [1907] a figuré des exemplaires de *Neohoploceras schardti* et de *Neohoploceras karaschi*, deux taxons particulièrement fréquents dans l'horizon à *V. peregrinus*.

|                                                            |                                                             |                                                                |                          |                           |                                         |                          |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| <div>SPEETONENSIS</div>                                    | <div>STAFFI</div>                                           | <div>Mimica</div>                                              |                          | <div>LIGATUS</div>        |                                         | H. Sup. p.p.             |
|                                                            |                                                             |                                                                |                          | <div>SAYNI</div>          |                                         |                          |
|                                                            |                                                             | <div>Cruasense</div>                                           |                          |                           |                                         |                          |
| <div>INVERSUM</div>                                        |                                                             |                                                                |                          | <div>NODOSOPLICATUM</div> |                                         | HAUTERIVIEN Inf.         |
|                                                            |                                                             | <div>Variegatus</div>                                          |                          |                           |                                         |                          |
| <div>REGALE</div>                                          |                                                             | <div>Jeannoti</div>                                            |                          | <div>LORYI</div>          |                                         |                          |
| <div>NORICUM</div>                                         |                                                             | <div>Loryi</div>                                               |                          |                           |                                         | HAUTERIVIEN Inf.         |
| <div>AMBLYGONIUM</div>                                     |                                                             | <div>Buxtorfi</div>                                            |                          | <div>RADIATUS</div>       |                                         |                          |
|                                                            |                                                             | <div>Castellanensis</div>                                      |                          |                           |                                         |                          |
|                                                            | <div>OLCOSTEPHANUS SP.</div>                                |                                                                |                          | <div>CALLIDISCUS</div>    | <div>PACHYDICRANUS</div>                | "TESCHENTIIEN"           |
| <div>CONDENSED/<br/>REMANIE<br/>BEDS</div>                 | <div>SAXONICA<br/>(Ex- TUBERCULATA)</div>                   | <div>Callidiscus</div>                                         |                          |                           |                                         |                          |
|                                                            | <div>BIDICHTOMOIDES</div>                                   | <div>Furcillata</div>                                          |                          | <div>TRINODOSUM</div>     |                                         |                          |
|                                                            | <div>TRIPTYCHOIDES</div>                                    | <div>Nicklesi</div>                                            |                          |                           |                                         |                          |
|                                                            | <div>CRASSUS</div>                                          | <div>Peregrinus</div>                                          |                          |                           |                                         |                          |
|                                                            |                                                             | <div>POLYTOMUS</div>                                           | <div>Pronecostatum</div> |                           | <div>VERRUCOSUM</div>                   |                          |
| <div>?</div>                                               | <div>HOLWEDENSIS</div>                                      | <div>Verrucosum</div>                                          |                          |                           |                                         | "KARAKASCH-<br>CERATIEN" |
|                                                            |                                                             |                                                                |                          | <div>INOSTRANZEVI</div>   |                                         |                          |
| <div>POLYPTYCHITES</div>                                   | <div>HAPKEI<br/>CLARKEI<br/>MULTICOSTATUS<br/>PAVLOVI</div> | <div>Campylotoxus</div>                                        |                          | <div>STEPHANOPHORUS</div> |                                         | "THURMANNI-<br>CERATIEN" |
| <div>PARATOLLIA/<br/>PLATYLENTICERAS</div>                 | <div>INVOLUTUM</div>                                        | <div>Subcampylotoxus</div>                                     |                          |                           |                                         |                          |
|                                                            | <div>HETEROPLEURUM</div>                                    | <div>Hirsutus</div>                                            |                          | <div>PERTRANSIENS</div>   |                                         | "THURMANNI-<br>CERATIEN" |
|                                                            | <div>ROBUSTUM</div>                                         |                                                                |                          |                           |                                         |                          |
| <div>ALBIDUM</div>                                         | <div>NON<br/>MARIN</div>                                    | <div>Kiliani</div>                                             | <div>OTOPEA</div>        | <div>BOISSIERI</div>      |                                         | "TIRNOVELLIEN"           |
| <div>STENOMPHALUS</div>                                    |                                                             | <div>Otopeta</div>                                             |                          |                           |                                         |                          |
| <div>ICENI</div>                                           |                                                             | <div>ALPILLENSIS</div>                                         |                          |                           |                                         |                          |
| <div>KOCHI</div>                                           |                                                             | <div>PICTETI</div>                                             |                          |                           |                                         |                          |
| <div>YORKSHIRE<br/>LINCOLNSHIRE</div>                      | <div>ALLEMAGNE<br/>du NORD</div>                            | <div>SOUS-ZONES<br/>Horizons</div>                             |                          | <div>ZONES</div>          | <div>ETAGES<br/>et<br/>Superzones</div> | BERRIAS. p.p.            |
| <div>PROVINCE OUEST<br/>EUROPEENNE<br/>RAWSON (1993)</div> |                                                             | <div>PROVINCE<br/>OUEST MEDITERRANEENNE<br/>BULOT (1995)</div> |                          |                           |                                         |                          |

Migrants  
téthysiensTaxons d'origine  
téthysienneMigrants  
boréauxTaxons d'origine  
boréale

Tabl. IV. - Corrélations entre les zonations d'ammonites du SE de la France (province méditerranéenne) et du domaine boréal (province nord-européenne) pour l'intervalle Berriasien supérieur à Hauterivien supérieur d'après Bulot [1995].

Au-delà de ces preuves directes, nous sommes convaincus que l'horizon à *V. peregrinus* peut être mis en évidence dans d'autres bassins péri-méditerranéens. Ainsi, en Bulgarie, Mandov [1976, p. 20] signale dans

la coupe de Béli Mel, la présence concomitante d'*Eleniceras* cf. *stevrecensis* et de *Rodighieroites belimelensis*, dans un intervalle compris entre une association à *Karakaschiceras* (horizon à *K.*

*pronecostatum*) et une association à *Criosarasinella* (horizon à *C. furcillata*). Compte tenu du caractère et de la position respective de ces trois faunes, les exemplaires rapportés avec doute à *E. stevrecensis* par Mandov sont très probablement des *V. peregrinus*.

De même, en Espagne, Company [1987, p. 131] distingue deux morphotypes au sein des populations de *Neocomites* (*N.*) *neocomiensis*. Bulot [1995] a montré que la seconde de ces populations (morphé B), associée à des *Neocomites* (*T.*) *neocomiensiformis* THIEULOUY non UHLIG et à *Dicostella allavensis*, correspond à la faune du biohorizon à *V. peregrinus*.

#### 4.2.3. Zones à *Trinodosum* et à *Callidiscus*

Rappelons en premier lieu que, dans la zonation standard méditerranéenne, ces deux subdivisions ont statut de sous-zones au sein de la zone à *Pachydicranus* dont la base n'est pas définie par le FAD de son index, mais par celui de *O. (O.) nicklesi* [Hoedemaeker et al., 1993]. Dans la mesure où les FAD de *H. trinodosum* et de *O. (O.) nicklesi* sont synchrones (voir fig. 6), la base de la zone méditerranéenne à *Pachydicranus* correspond exactement à la base de la zone vocontienne à *Trinodosum*.

Nous tenons aussi à souligner que depuis le transfert des niveaux à *Criosarasinella* dans la zone à *Trinodosum* [Busnardo et Thieuloy, 1979], la base de la zone à *Callidiscus* est marquée par la première apparition de son index. Les *Criosarasinella* sont quant à elles strictement limitées à la partie supérieure de la zone à *Trinodosum* (voir tabl. III). C'est donc à tort que Vašíček et Michalík [1987], puis Vašíček [1995, fig. 4, ce volume] considèrent que leur biozone à *Criosarasinella heterocostata* peut être parallélisée avec la zone à *Callidiscus*.

#### 4.2.4. Biohorizons à *Olcostephanus* (*Olcostephanus*) *nicklesi* et à *Criosarasinella furcillata*

Thieuloy et al. [1990, p. 82-83], puis Bulot et al. [1992], ont déjà montré que ces deux biohorizons pouvaient être caractérisés à l'échelle du pourtour méditerranéen [Bulgarie, Hongrie, Carpathes tchécoslovaques et Espagne]. Ces deux unités ont d'ailleurs été introduites dans le schéma zonal méditerranéen dès sa première version [Hoedemaeker et Bulot, 1990].

Depuis, les travaux de Avram et Gradinaru [1993] en Roumanie et de Cecca [1994] en Italie [Marches-Ombrie] permettent d'étendre ces observations. Par ailleurs *O. (O.) nicklesi* avait été déjà signalé en Sardaigne [Wiedmann et Dieni, 1968], tandis qu'en Suisse [région de Châtel - Saint-Denis, Sarasin et Schöndelmayer, 1901] et en Autriche [Voralberg, Wyssling, 1986], plusieurs *Criosarasinella* peuvent être reconnues dans les figures de la littérature [Bulot et Kuhn, en préparation].

#### 4.2.5. Biohorizon à *Neocomites* (*Teschenites*) *callidiscus*

*N. (T.) callidiscus* est le seul élément qui permet de distinguer ce biohorizon des niveaux sus-jacents et sous-jacents. Les figurations de *N. (T.) callidiscus* sont relativement rares dans la littérature. Néanmoins, sur la base des travaux de Mandov [1976], Thieuloy [1971, 1977] et Company [1987], il est possible d'envisager que l'horizon à *N. (T.) callidiscus* soit représenté en Bulgarie, en Israël (sub-surface), dans les Carpathes tchécoslovaques et en Espagne. L'espèce index a aussi été citée en Tunisie par Memmi [1981].

L'identification de *N. (T.) callidiscus* à partir des figures de la littérature est rendue plus délicate par la découverte récente d'une espèce homéomorphe dans la partie supérieure de la zone à *Verrucosum* et la base de la zone à *Trinodosum* (*Neocomites* (*N.*) n. sp. 1 in tabl. III). C'est à ce taxon que se rapporte l'échantillon de *Neocomites* (*N.*) *retowskyi* figuré par Sarasin et Schöndelmayer [1901, pl. 9, fig. 4], ainsi que la forme d'Israël [aff. *Neocomites* in Raab, 1962, pl. 2, fig. 2]. Jusqu'à présent ces individus avaient été rapportés à *N. (N.) callidiscus* par Thieuloy [1977] et Company [1987].

Par contre, l'échantillon de Krapchéné figuré par Mandov [1976, pl. 13, fig. 2] provient d'un niveau immédiatement sus-jacent aux bancs à *Criosarasinella*. Il atteste donc sans équivoque la présence de l'horizon à *N. (T.) callidiscus* en Bulgarie. Il en est de même en Espagne comme en témoignent les coupes et les figurations de Company [1987].

## 5. - CONCLUSIONS

En dépit du caractère disparate des données biostratigraphiques dont nous disposons, il apparaît clairement que la plupart des biohorizons définis dans le SE de la France peuvent être identifiés à l'échelle du pourtour méditerranéen. Dans certains cas, il est même possible de proposer des corrélations extrêmement précises avec des secteurs beaucoup plus éloignés de la Téthys (Provinces caraïbe et indo-pacifique). La qualité de ces corrélations est intimement liée à la précision avec laquelle les coupes ont été levées dans les différents secteurs étudiés.

À l'issue de cet article, il nous semble donc possible d'affirmer que l'échelle biochronostratigraphique élaborée dans le SE de la France est le meilleur outil de corrélation à haute résolution dont nous disposons actuellement pour le Valanginien. Elle complète en cela les zonations vocontiennes de l'Hauterivien [Bulot et al., 1992] et du Barrémien supérieur [Delanoy, 1995, ce volume].

Bien qu'ils puissent certainement être encore perfectionnés, ces outils peuvent dès maintenant être appliqués aux corrélations à longue distance.

Néanmoins, leur utilisation nécessite préalablement que de nouvelles études soient entreprises dans les bassins sédimentaires que nous avons évoqués au cours de cet article. Pour certains, il suffit de réviser certaines déterminations paléontologiques à partir du matériel déjà récolté (cas de l'Espagne ou du Maroc). Le plus souvent, de nouvelles recherches de détail sur le terrain s'imposeront. Ainsi, une analyse plus fine des coupes décrites par Mandov [1976] permettrait une bien meilleure compréhension de la succession valanginienne en Bulgarie.

Dans l'attente de ces nouveaux travaux, rappelons en guise de conclusion que dans la plupart des cas, il n'existe pas d'outil biostratigraphique plus précis que les ammonites au Mésozoïque et, qu'indépendamment de toute polémique, **aucune méthode de datation**

**physique ou chimique ne possède une résolution de l'ordre de 300.000 ans - c'est-à-dire la durée d'un biohorizon -.**

#### REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier une fois de plus tous nos collègues des différents groupes de travail de la Sous-Commission de Stratigraphie de l'IUGS et des projets PICG - Unesco 262, 362 et 343, sans lesquels il aurait été impossible de réunir toutes les informations nécessaires à la rédaction de cette synthèse. Une mention tout à fait spéciale doit être accordée à Mlle V. Minskovska (Université de Sofia, Bulgarie), qui lors de son séjour à Grenoble nous a beaucoup aidé par ses traductions d'articles bulgares et russes.