

Présentation des microfossiles extraits par acétolyse dans le Campanien supérieur du Mont Juandechaco (Navarre, Espagne); potentiel chronologique global et vis à vis du stratotype de limite Campanien-Maastrichtien à Tercis (Sud Ouest France)

Gilles Serge Odin

Unité de géochronologie et sédimentologie océanique, université Pierre-et-Marie Curie, 4, place Jussieu, case 119,
75252, Paris cedex 05, France

gilles.odin@upmc.fr; URL <http://www-sst.unil.ch/research/meta/GSO/>

Resumen

El afloramiento del Monte Juandechaco en la Navarra española, está caracterizado por calizas o margo-calizas de edad Campaniense superior, datadas a partir de ammonites. La presencia de ammonioideos en este afloramiento permitiendo establecer correlación entre dicho corte y el estratotipo del límite Campaniense-Maastrichtiense situado en Tercis (Landes). Los patrones de evolución del género *Micraster*, que es el equínido más abundante en Navarra, no se pueden comparar con los identificados en el estratotipo porque las especies que se encuentran en sus materiales son distintas y habían evolucionado de manera diferente. La disgregación de los sedimentos con ácido acético concentrado (acetólisis) nos deja observar una gran variedad de microfósiles: pithonellas, osículos de asteroideos, de crinoideos, de ofiúridos, valvas de ostrácodos, conchas de foraminíferos bentónicos y planctónicos, y formas desconocidas denominadas "microproblemática". La disolución con ácido fluorhídrico nos ha permitido obtener quistes de dinoflagelados. Los foraminíferos planctónicos han permitido datar los materiales del afloramiento a partir de la presencia de *Radotruncana calcarata*, que fue observado por primera vez en estas formaciones de plataforma navarra. Los microproblemática de Navarra, con 17 taxones identificados, se pueden comparar a los que se han descubierto recientemente en el estratotipo de Tercis, siendo ésta la primera vez que se han reconocido fuera del estratotipo mencionado. Dichos microproblemática siguen el mismo patrón evolutivo en ambos perfiles constituyendo el instrumento bioestratigráfico más preciso de la sucesión del Campaniense superior. Además, se describe una especie nueva: *Lucernellus* sp. 1, sp. nov. no detectada fuera del corte de Navarra. Los minerales de origen piroclástico encontrados en el estratotipo de Tercis quizás tienen equivalentes en la sucesión de Navarra (biotita, zircón), pero están mezclados con minerales de origen magmático, cuya remodelación no se evidencia. Esta es la razón de que la presencia de algunos microcristales, como los de zircón, pueda ser cuestionable.

Palabras clave: Bioestratigrafía, equínidos, *Micraster*, micropaleontología, foraminíferos, microproblemática, Campaniense, Navarra, España

Résumé

La coupe du Mont Juandechaco, en Navarre espagnole, expose un Campanien supérieur carbonaté daté par ammonites. Un repérage biostratigraphique sur le terrain à l'aide de la macrofaune a conduit à une localisation générale des couches par rapport à la section stratotypique de la limite Campanien-Maastrichtien de Tercis (Landes) grâce à quelques ammonites. Pour les échinides, plus abondants, l'évolution du genre *Micraster* en Navarre n'a pu être comparée à celle du stratotype car les formes sont distinctes et évoluent différemment. La dissociation des sédiments par acétolyse a livré des restes variés: pithonelles, ossicules d'astérides, de crinoïdes, d'ophiures, des ostracodes, des foraminifères benthiques et planctoniques, des microproblematica. L'attaque fluorhydrique a donné des kystes de dinoflagellés. Les foraminifères planctoniques ont permis de réaliser un repérage chronologique relatif grâce à la présence de *Radotruncana calcarata* mise en évidence pour la première fois dans ces formations de plate-forme navarraises. Les microproblematica de Navarre, dont 17 taxons ont été identifiés, sont comparables à ceux nouvellement découverts dans le stratotype de Tercis et ils constituent la première observation de ces restes en dehors des environs immédiats du stratotype landais où ils ont été observés et nommés.

Il est montré que ces microproblematica suivent la même évolution, au même moment que ceux identifiés à Tercis où il a été établi qu'ils constituaient l'outil biostratigraphique le plus précis de la succession du Campanien supérieur. De plus, une nouvelle espèce : *Lucernellus* sp. 1 nov. sp. est décrite mais non nommée. Les minéraux d'origine pyroclastique rencontrés dans le stratotype de Tercis ont peut-être leur équivalent dans la série navarraise (biotite, zircon) mais ils y sont mêlés à des minéraux d'origine magmatique dont le remaniement est si discret qu'ils peuvent jeter un doute sur l'origine des premiers.

Mots clés: Biostratigraphie, échinides, *Micraster*, micropaléontologie, foraminifères, microproblematica, Campanien, Navarre, Espagne

Abstract

The Juandechaco Mount, in Spanish Navarra, is made of upper Campanian ammonite-bearing carbonate deposits. A biostratigraphical relative dating using several specimens of these ammonites found during the field sampling allowed general location of the strata versus the Campanian-Maastrichtian boundary type section of Tercis (Landes). Echinoids are more abundant than ammonites; however, the evolution of the morphology of the genus *Micraster* in Navarra is not similar to that observed in the type section where distinctly different forms characterise the successive Campanian deposits and no correlation could be made using this biostratigraphical tool. The sediments dissociated using acetolysis provided diversified microfaunal remains: pithonellids, ossicles of asteroids, crinoids, and ophiuroids, tests of ostracodes, benthic and planktonic foraminifers, and microproblematica pointing to an external platform facies very similar in the Juandechaco Mount and at Tercis. Hydrofluoric acid dissolution provided dinoflagellate kysts. The planktonic foraminifers allowed a precise relative chronologic dating thanks to the presence of *Radotruncana calcarata* identified for the first time from the Navarrese platform deposits. The Navarrese microproblematica of which 17 taxa were identified in spite of the generally poor preservation of the microfossils, are comparable to those recently discovered at Tercis. This fauna of microproblematica constitute the first observation out of the area of the type section where they were originally observed and named. It is shown that the taxa follow the same morphological evolution in Spain with the same timing compared to the area around Tercis where they provided the most precise biostratigraphical tool within the upper Campanian portion of the section. Pyroclastic minerals surprisingly encountered in the type section at Tercis have probably their equivalent in the Navarrese series (biotite, zircon); however, they are admixed with magmatic minerals of which the marks of reworking are so difficult to identify that the actual volcanic origin of the former might be questioned.

Key words: Biostratigraphy, Echinoids, *Micraster*, micropalaeontology, foraminifers, microproblematica, Campanian, Navarra, Spain.

1. INTRODUCTION

La définition la plus récente des étages du Crétacé terminal (Odin & Lamaurelle, 2001) utilise, comme limite entre le Campanien et le Maastrichtien, le point stratotypique mondial établi à Tercis (SO France). Au cours des recherches destinées à qualifier ce stratotype (Odin, 2001a), des signes d'activité volcanique acide (explosive) ont été observés dans le Campanien supérieur (Odin, 2001b). Pour évaluer la signification de cet événement dans la région pyrénéenne, il convenait de le retrouver régionalement et, donc, de repérer précisément son niveau dans le temps. C'est ainsi que des études micropaléontologiques ont été entreprises sur une dizaine de sections situées dans le Sud-Ouest de la France et au Nord de l'Espagne, dans un paléo-bassin qui comprenait, en son centre, des dépôts profonds de type flysch et, sur ses bordures nord et sud, des dépôts de plate-forme ainsi qu'il a été décrit pour le bassin aturien (Laurent *et al.*, 2001, Fig. 1).

Du côté espagnol, la micropaléontologie du faciès flysch a fait l'objet d'études pour les foraminifères (Herm, 1965; Arz & Molina, 2002). Cependant, trouver des traces de volcanisme explosif sous la forme de minéraux pyroclastiques microscopiques dans des flyschs restait problématique du fait de la rapidité de la sédimentation qui dilue les apports volcaniques ponctuels. Les recherches se sont ainsi adressées au faciès de plate-forme. Du côté français, les affleurements étudiés se groupent aux environs de Dax. Du côté espagnol, la stratigraphie des faciès de plate-forme se fonde le plus souvent sur la macrofaune, en particulier sur les ammonites (Küchler *et al.*, 2001). Les connaissances sont moins bien établies pour ce qui est de la microfaune en général et des foraminifères en particulier si l'on s'en réfère à la carte géologique. Au centre de la carte au 1/50.000 de Garralda, en Navarre, le Santonien (C24 dolomitique) supporte l'unité C26m qui, sur le terrain, se révèle ne pas être du flysch mais un faciès de plate-forme comparable à celui de Tercis avec sa pétro-

graphie carbonatée, la présence très commune d'échinides et celle, plus rare, d'ammonites et d'inocérames. Carbayo Olivares *et al.* (1978) notent dans la notice de cette carte « *Al no encontrar una microfauna determinativa de edad Campaniense hemos optado por ceñir este tramo al Maastrichtiense* ». Par suite, l'ensemble des niveaux de faciès plate-forme affleurant dans les environs d'Imiscoz est attribué au Maastrichtien.

Küchler (2000) indique la présence de foraminifères planctoniques campaniens en Navarre (*Globotruncana elevata* puis *Globotruncana ventricosa*); il est donc possible d'en trouver tandis que Küchler *et al.* (2001) y ont reculé et décrit des ammonites campaniennes.

D'après nos observations près d'Imiscoz (sur le territoire de la carte de Garralda), les ammonites sont peu communes. Les inocérames sont plus nombreux mais ces mollusques sont concentrés dans quelques niveaux riches séparés de larges portions sans témoignage et, donc, sans repérage temporel relatif. Il s'y ajoute la difficulté des déterminations même dans les affleurements favorables (comparer Odin, 2001c avec Walaszczyk *et al.*, 2002). Dans la macrofaune de Navarre, les échinides sont beaucoup plus fréquents et auraient pu assurer un repérage pratique sur le terrain. Pourtant, nous n'avons pas retrouvé la succession biostratigraphique remarquablement claire des couches de Tercis (Néraudeau & Odin, 2001). Il paraissait donc nécessaire de rechercher des éléments de microfaune utilisables.

Le présent travail expose essentiellement les résultats paléontologiques et donne les éléments permettant d'affirmer qu'avec une technique adaptée il est possible de dater précisément les couches campaniennes en Navarre par la microfaune. Ceci permettrait, entre autres applications, d'améliorer localement la carte géologique au moins pour le faciès de plate-forme car sur la carte de Gulina (Berrois Pi *et al.*, 1978), immédiatement à l'ouest de Garralda, le faciès flysch est présent au Crétacé supérieur et le Campanien (C25) est distingué du Maastrichtien (C26) par la microfaune (*G. elevata*, *G. ventricosa*, *Contusotruncana fornicata*), le Campanien supérieur étant identifié par la présence de *Radotruncana calcarata* (anciennement *Globotruncanita calcarata*) et le sommet de l'étage est accepté au niveau de sa disparition.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sections ayant fait l'objet d'une étude préliminaire pour repérer les niveaux à minéraux pyroclastiques se situent dans un cadre géographique compris entre Dax, Pau, Pampelune et Zumaya (Fig. 1). En France, divers affleurements ont été considérés dans les environs de Dax (faciès de plate-forme), près d'Orthez, au Sud de Pau et près de la frontière espagnole (faciès de bassin flysch). En Espagne, la coupe entre Zumaya et Deva (faciès flysch) et une coupe en Navarre (faciès de plate-forme) ont été examinées; cette dernière est l'objet principal de la présente étude. La stratigraphie des couches campano-maastrichtiennes de Navarre a été établie par Küchler *et al.* (2001) d'après la succession des ammonites.

La section la plus prometteuse décrite par ces auteurs (contrôle continu par les ammonites, longueur de la section, bon développement des couches du Campanien supérieur) se situe à environ 25 km au NE de Pampelune, localité du Mont Juandehaco, près du village d'Imiscoz en Navarre. Il s'agit d'un affleurement faisant face au Sud, légèrement couvert de buissons épineux (Fig. 2) qui permet, le long d'une pente peu escarpée, de gravir des couches au pendage très faiblement incliné (15°) vers le Nord Est. Un nouveau levé a été réalisé du fait de la grande homogénéité de la lithologie (calcaires peu argileux indurés, monotones tout le long de la section). Cette homogénéité ne permet pas de se repérer par rapport aux observations lithologiques telles qu'elles ont été publiées. Divers repères topographiques ont été fixés (Fig. 3): à la base, la limite avec le Santonien dolomitique rouge constitue un bon repère; le levé est aisé à partir d'un chemin bas situé vers notre cote Ju10; un poteau de ligne électrique à moyenne tension (P sur la photographie) se situe à notre cote Ju65; un arbre mort († sur la photographie) correspond à notre cote Ju100; un chemin dessinant une ligne blanche horizontale dans le paysage (LB sur la photographie) correspond à notre cote Ju126.

Une difficulté tectonique a été observée sur le terrain: la présence d'un panneau déplacé, épais de quelques mètres, intercalé localement vers la cote Ju50 et dont les couches recourent de part et d'autre la succession stratigraphique.

Des éléments de macrofaune ont été récoltés: 88 échinides, 2 bivalves; 8 inocérames; 2 *Baculites* et 18 autres ammonites spiralées ou hétéromorphes. Les inocérames sont généralement en mauvais état, groupés en peu de niveaux et difficiles à dégager de leur matrice. Une quinzaine de prélèvements ont été faits pour l'étude de la microfaune entre les cotes Ju70 et Ju124, là où le marqueur *Radotruncana calcarata* (foraminifères) qui accompagne, à Tercis, la présence des minéraux pyroclastiques, devait se trouver d'après les ammonites communes aux deux affleurements de Tercis et du Mont Juandechaco.

Quelques fossiles ou leur matrice ont aussi servi de matériel pour extraire des microfossiles. En tout 17 niveaux ont été traités de diverses manières pour être dissociés. La seule approche ayant permis une dissociation efficace à partir de laquelle des tris ont pu être réalisés est l'acétolyse.

La technique de dissociation par acétolyse consiste à plonger des morceaux de roche carbonatée dans un bain d'acide acétique concentré. Le sédiment est disposé dans un bocal en verre puis l'acide est ajouté et le récipient est fermé non hermétiquement. La concentration de l'acide et

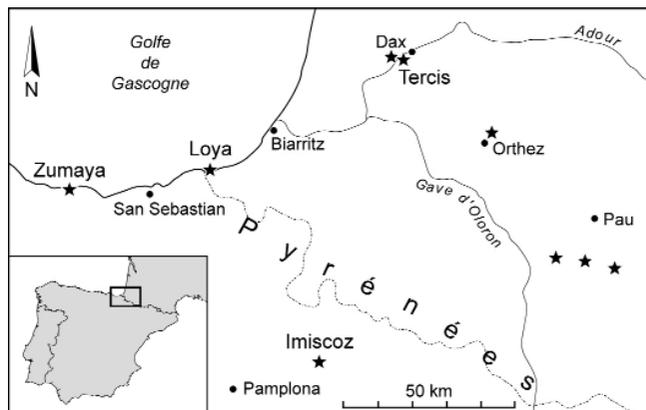


Figure 1. Localisation des affleurements étudiés dans le cadre de ce travail (étoilés).

Figure 1. Location of the outcrops studied for this work (stars).

la température favorables à la dissociation dépendent du sédiment; des essais doivent être faits pour chaque affleurement. Des concentrations de l'acide allant de 80 à 100 % peuvent être utilisées; la température peut aller de la température ambiante jusqu'à celle d'un bain de sable à 80 °C. On doit opérer soit à l'extérieur, par exemple sur le terrain pour repérer les niveaux favorables (si l'on dispose d'une source d'eau et de quelques jours), soit sous



Figure 2. Vue de l'affleurement du Mont Juandechaco (Navarre). Les trois repères topographiques sont P: poteau de ligne électrique à moyenne tension, t: arbre mort, LB: ligne blanche.

Figure 2. The outcrop at the Juandechaco Mount (Navarra). Topographic marks are P: post carrying electric cables, t: dead tree, LB: white line.

une sorbonne en dépression. Le lavage s'effectue à grande eau, sur tamis à mailles de nylon ou d'acier inoxydable. La durée de la réaction est d'autant plus longue que l'acide est plus pur et va de quelques heures à quelques semaines. Il est impératif de surveiller la réaction car, lorsqu'elle est avancée, la dissociation est immédiatement suivie d'une recristallisation rapide qui cimente le sédiment dans le récipient. Sur le terrain, la pollution est évitée en rejetant les solutions dans les déblais calcaires qui neutralisent aussitôt les restes d'acide et non dans la source d'eau. Jusqu'à 5 traitements différents ont été réalisés pour certains niveaux avant d'obtenir une dissociation satisfaisante. Pour les microfossiles de taille supérieure à 250 µm des quantités de 100 à 200 g ont été traitées; il a suffi de 50 g pour les microfossiles de taille inférieure à 250 µm.

3. MACROFOSSILES

3.1. Échinides

Dans la figure 3, les deux sections de Juandechaco (Navarre) et de Tercis ont été mises en parallèle d'après le repérage biostratigraphique obtenu à partir des ammonites, des foraminifères planctoniques et des microproblematica présents dans les deux sections. Pour la section type de Tercis, les unités lithologiques usuelles (Odin & Odin, 1994) sont localisées avec une unité sans silex (Unité d'Avezac subdivisée en 5 sous unités identifiées d'après leur teneur en glauconie: A1 jusqu'à A5) à la base et une unité à silex au sommet (Unité les Vignes avec sa première sous unité: V1, où les silex sont gris clair).

Dans cette section type de Tercis, le genre *Micraster* a donné un signal biostratigraphique aisé d'application dans le Campanien supérieur. Trois espèces se succèdent sans se recouvrir: *M. coranguinum simpsoni* entre les cotes Ts0 et Ts13,4 puis *M. corcolumbarium* entre les cotes Ts16,2 et Ts67, enfin *M. aturicus* entre les cotes Ts69 et Ts94,3 (Néraudeau & Odin, 2001). Ces trois espèces se distinguent immédiatement par leurs tailles moyennes respectivement proches de 50 mm, 30 mm et 65 mm successivement (Fig. 3); au-dessus, le genre n'a donné que peu de restes dont la détermination est délicate sauf pour 2 spécimens attribués à l'espèce *M. brongniarti*.

Le même exercice effectué en Navarre permet de séparer à la base, entre les cotes Ju10 et Ju20, un ensemble où le genre *Micraster* est de taille moyenne proche de 40 mm, puis un second ensemble entre les cotes Ju29 et Ju66 où la taille est plutôt grande autour de 60 mm, puis un troisième ensemble, entre les cotes Ju86 et Ju95 où le genre est représenté par une espèce de taille moyenne 46 mm, enfin un quatrième ensemble, au dessus de la cote Ju104, avec une espèce de taille plutôt grande de nouveau proche de 60 mm.

Il en résulte que, malgré leur proximité et un faciès de plate-forme commun, les successions de Tercis et de Navarre ne renferment pas une évolution commune pour le genre *Micraster*. La morphologie des taxons présents est elle-même distincte comme le montre le critère de taille. L'espèce *M. aturicus* a bien été citée en Navarre mais le spécimen figuré (Küchler, 2000, pl. 6 figs. 4-7) est plus petit que 60 mm, sa forme est bien plus globuleuse, bien moins dissymétrique antéro-postérieurement que l'espèce *M. aturicus* définie à Tercis. En outre, le taxon de Navarre figuré provient d'une partie basale du Campanien supérieur (sous la zone d'existence de l'ammonite *Bostrychoceras polyplacum*) alors que l'espèce de Tercis est localisée dans le Campanien plus élevé au dessus de la zone d'existence du foraminifère *Radotruncana calcarata*. (cf. Fig. 6). Par ailleurs, le même auteur (Küchler, 2000, Fig. 8) signale *M. aturicus* dans ce qu'il attribue à la base du Maastrichtien (avec les ammonites index *Pachydiscus neubergicus* et *Pachydiscus epiplectus*) d'une autre coupe navarroise tandis qu'à Tercis, *M. aturicus* a disparu bien avant que l'on rencontre ces mêmes ammonites et c'est *M. brongniarti* qui vient le relayer dans les couches du Campanien terminal et la base du Maastrichtien. Plus généralement, la présence de *M. aturicus* est citée comme continue en Navarre, dans la région d'Urdirroz-Imiscoz depuis la base des couches du Campanien supérieur jusqu'aux couches inférieures du Maastrichtien plus de 210 m au dessus (Küchler & Kutz, 1989); à Juandechaco même, le taxon est signalé entre les cotes 22 et 205 de ces auteurs. Il s'ensuit que les "*Micraster aturicus*" de Tercis et de Navarre n'appartiennent probablement pas au même taxon.

Il reste, de la présence commune du genre *Micraster*, que le site de Navarre étudié se situait sur une plate-forme de

faciès proche de celui de Tercis pour le Campanien supérieur non terminal avec une paléo-profondeur estimée à 50-100 m là où ce genre est dominant chez les échinides (Néraudeau & Odin, 2001, Fig. 1, p. 615) alors que le genre *Echinocorys* qui dénote une profondeur un peu supérieure (100-150 m) est présent mais jamais dominant dans notre section de Navarre.

3.2. Ammonites

Dans la succession de Tercis, les niveaux dans lesquels des indices de volcanisme ont été mis en évidence sont situés entre les cotes Ts52 et Ts60 avec des reprises jusqu'à la cote Ts70 (Odin, 2001b). Ce sont les ammonites hétéromorphes (plus ou moins déroulées) qui permettent de

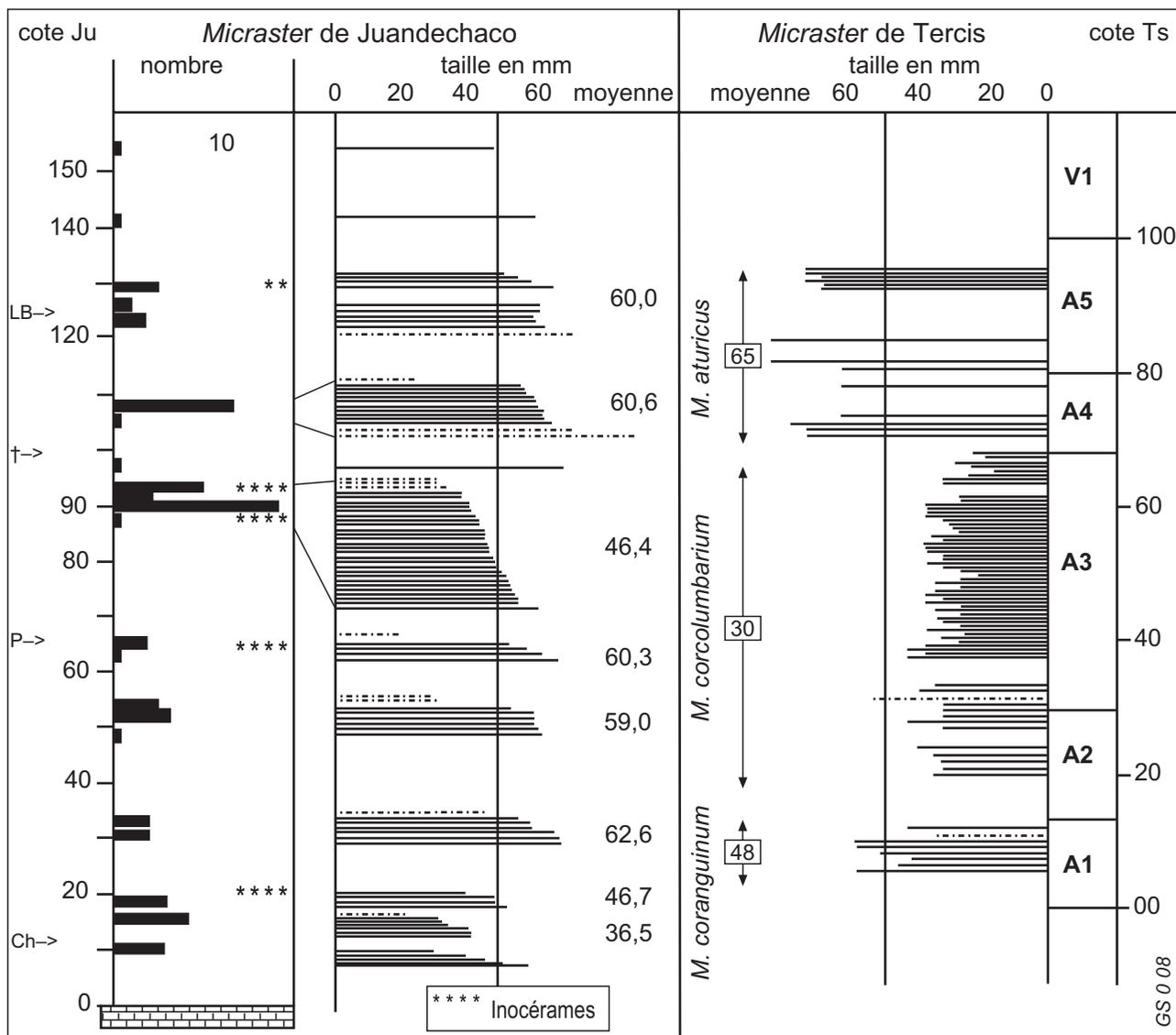


Figure 3. Distribution de la taille du genre *Micraster* dans les sections de Tercis et du Mont Juandechaco. Chaque trait horizontal représente 1 spécimen; les spécimens de taille exceptionnelle pour le niveau sont notés en tiretés; pour la section de Navarre, la présence de niveaux riches en inocérames à été notée (astérisques) ainsi que les repères Ch: chemin, P: poteau de ligne électrique à moyenne tension, t: arbre mort, LB: ligne blanche. Trois ensembles observés à Tercis correspondent à quatre ensembles en Navarre et les taxa sont de taille différente.

Figure 3. Size distribution of specimens of the genus *Micraster* collected from Tercis (right) and the Juandechaco Mount (left). Each line represents 1 specimen; broken lines show specimens of locally uncommon size; inoceramid-rich levels (stars) are shown in the Navarra section as well as field marks such as Ch: way, P: post carrying electric cables, t: dead tree, LB: white line. Three groups of size observed at Tercis correspond to four groups in Navarra and the taxa are different in size.

caractériser au mieux cet intervalle. *Bostrychoceras polyplocum* et diverses formes morphologiquement proches sont présentes entre les cotes Ts20 et Ts45 à Tercis (Küchler & Odin, 2001) et sont donc plus anciennes que les couches à minéraux pyroclastiques. *Nostoceras hyatti* et diverses formes proches (caractérisées par une loge d'habitation en U) et plus ou moins contemporaines en Europe (*N. helicinum*, *N. approximans*) sont présentes entre les cotes Ts66 et Ts105 essentiellement (Küchler & Odin, 2001); elles se situent au dessus de l'intervalle contenant des indices de volcanisme.

En Navarre, bien que les ammonites récoltées l'aient été en petit nombre au cours des prélèvements sur notre section, des éléments utiles ont été observés. Trois spécimens de *B. polyplocum* ont été récoltés en place aux cotes Ju63 (Fig. 4), Ju55 et Ju53,5. Il faut noter que Küchler *et al.* (2001) ont signalé la présence de *B. polyplocum* sur une épaisseur de 30 m (entre leurs cotes 70 et 100) trois fois supérieure à celle que nous avons caractérisée ce qui indique que nous n'avons observé qu'une partie de l'intervalle d'existence du taxon marqueur.

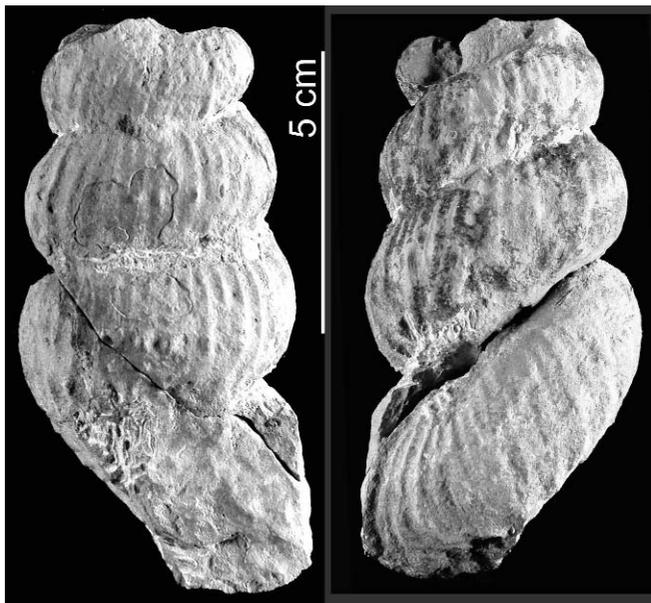


Figure 4. *Nostoceras (Bostrychoceras) polyplocum* (Römer, 1841) de la cote Ju63 caractérisé par des rides fines, nombreuses, jusqu'à 40 par tour; une alternance entre rides avec et rides sans tubercules; des rides continues entre les tubercules (Clichés C. Abrial).

Figure 4. *Nostoceras (Bostrychoceras) polyplocum* (Römer, 1841) from level Ju63 showing fine, dense ribbing, up to 40 per whorl; tubercles are present each 2 ribs; ridges are continuous between the tubercles (picture by C. Abrial).

Quant aux *Nostoceras* à loge d'habitation en U, aucun n'a été récolté en place mais des débris ont été observés à des cotes voisines de Ju108 et Ju122. Un spécimen de *Pachydiscus perfidus* a aussi été récolté à la cote Ju125. Ce spécimen possède 20 rides secondaires par demi tour ce qui conduit à un secteur moyen entre rides de 9° d'angle; avec cette caractéristique (Odin, 2001 d), ce taxon se distingue de *P. neubergicus* dont le secteur moyen ne dépasse pas 8° et pourrait être son ancêtre comme illustré dans la série de Tercis (Odin *et al.*, 2001). *P. perfidus* a vécu au Campanien supérieur, *P. neubergicus* au Maastrichtien. La répartition de ces quelques ammonites est logique et situe les niveaux à considérer pour l'étude micropaléontologique dans l'intervalle compris entre nos cotes Ju70 et Ju100 si l'on veut trouver le marqueur *Radotruncana calcarata* des foraminifères.

4. MICROFOSSILES

4.1. Présence de microfossiles

La dissociation des sédiments récoltés en Navarre a permis de récolter des microfossiles dans les 17 prélèvements soumis à l'acétolyse. Ces restes sont diversifiés; leur préservation est modérée (Fig. 5): la recristallisation a souvent lissé les formes et les tests sont usés. Ceci n'est pas principalement le résultat du mode de dissociation mais celui de l'histoire du sédiment qui a subi divers effets diagenétiques. Les identifications en sont rendues délicates. La liste des groupes représentés en Navarre est très proche de celle établie à Tercis (Odin, 2001e, pl. 1, p. 136).

Pour les éléments appartenant à des formes usuellement de grande taille, les prismes d'inocérames sont parfois communs, parfois rares (entre les cotes Ju83,6 et Ju74,5). Comme à Tercis, ce sont les micro-restes d'échinodermes qui caractérisent le mieux ces sédiments avec à la fois des éléments squelettiques d'échinides, de crinoïdes, d'astérides mais surtout des ossicules d'ophiures (Pl. 1, vues 2-3). Très variés, omniprésents, ces restes d'échinodermes se reconnaissent grâce à la structure en réseau visible sur certains spécimens en partie dissous (cf. Pl. 1, vues 4-5). La récolte ne dépasse pas quelques dizaines de spécimens pour 100 g traités chez les ophiures (à la fois dans la fraction supérieure et dans la fraction inférieure à 250 µm) et

quelques unités, dans la fraction supérieure à 250 µm, pour les ossicules d'astérides et de crinoïdes. Des microbrachiopodes sont aussi présents sous forme de coquilles entières (Pl. I, vue 7) ou de valves isolées dans la majorité des échantillons; leur abondance est restreinte: quelques unités seulement, au mieux 7 (avec 2 espèces) pour 100 g dissociés dans la fraction supérieure à 1 mm au niveau Ju89. Pour terminer cette liste non exhaustive, citons la présence d'un otolithe de poisson (Pl. 1, vue 6) de petite taille (pour un otolithe).

Quant aux groupes de microfossiles, la première caractéristique notable des sédiments de la section de Navarre est la présence de *pithonelles* (localement quelques centaines par gramme de sédiment) dans la fraction plus petite que 250 µm (Fig. 5, noté pit.); ce sont des calcaires à *pithonelles*. Comme à Tercis, ces multiples microsphères indiquent un faciès de plate-forme avec une profondeur comprise entre 80 et 200 m (Berthou *et al.*, 2001). Les ostracodes sont aussi présents dans tous les niveaux soumis à l'acétolyse; des formes lisses (Fig. 5) et des formes ornées (Pl. 1, vue 8) existent. On peut en récolter quelques dizaines par 100 g de sédiment dissocié là où 500-1000 foraminifères planctoniques (globotruncanides) sont disponibles. La préservation des carapaces est inégale.

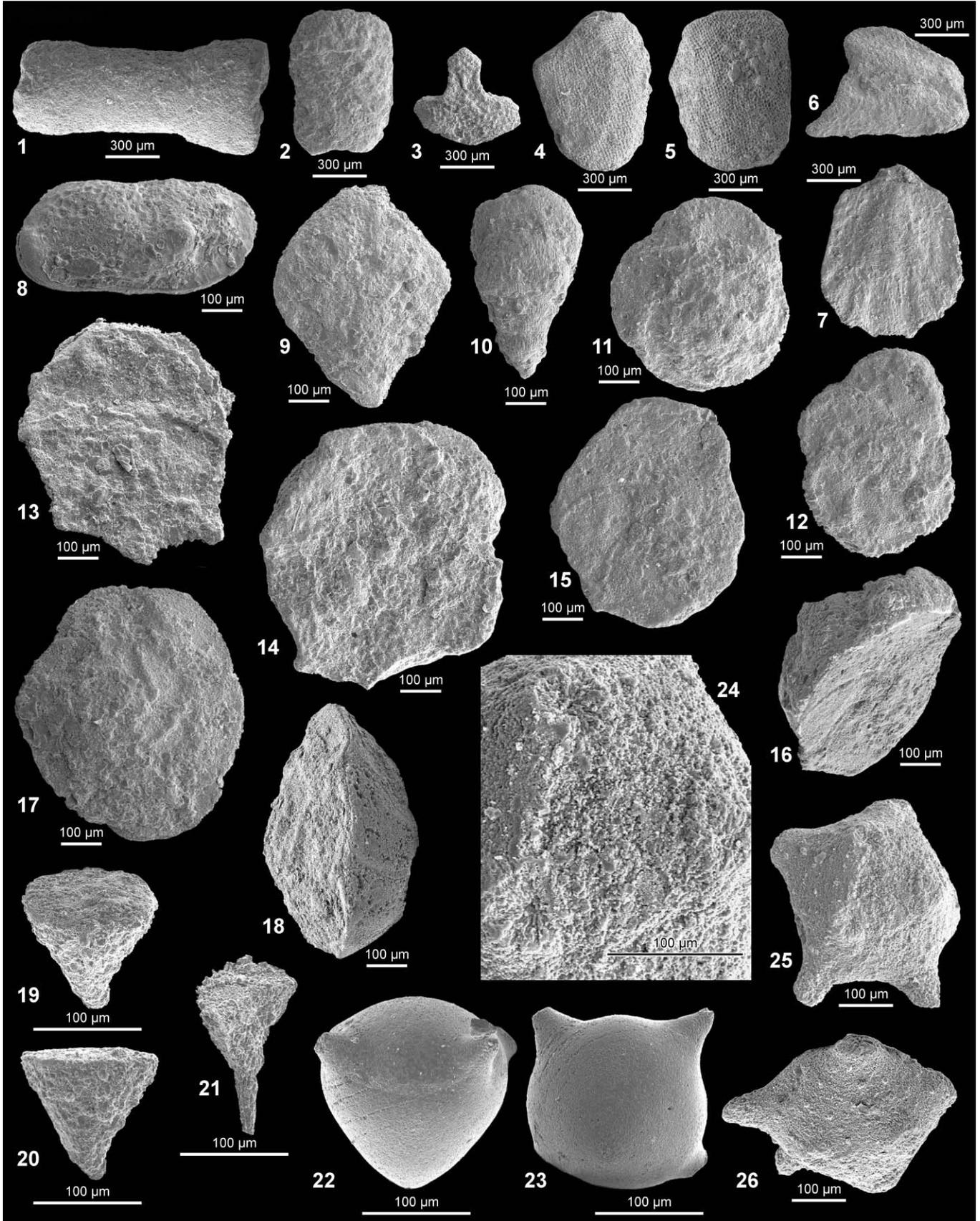
Les foraminifères constituent l'essentiel des microfossiles calcaires utilisables après dissociation. Dans la fraction la plus grossière (supérieure à 500 µm), les *Navarella* sont présentes. Ce grand foraminifère benthique arénacé peut être commun (niveau Ju100) dans la fraction supérieure à 1 mm et constitue un autre marqueur d'environnement de plate-forme (profondeur de 100-150 m). Dans la plupart des niveaux, le rapport foraminifères benthiques/foraminifères planctoniques est compris entre 0,6 et 1,5 ce qui dénote encore un environnement de plate-forme. Parmi les foraminifères benthiques utiles à la stratigraphie, le genre *Bolivinoïdes* est présent (Pl.1, vue 9). A Tercis, Tronchetti (2001), a mis en évidence une évolution continue des formes de ce genre au cours du Campanien supérieur et du Maastrichtien. Il en est de même dans d'autres portions de la Téthys comme en Égypte (El Nady, 2006). Les foraminifères planctoniques comprennent quelques hétérohélicides (Pl. 1, vue 10) mais surtout des globotruncanides: 450 à 1100/100 g de sédiment dissocié et jusqu'à 2000/100g à la cote Ju83,6.

Pour terminer ce premier bilan d'ensemble, des attaques à l'acide fluorhydrique ont été réalisées pour tester la présence de restes organiques. Les Dinoflagellés ont été obtenus dans les 4 échantillons tests, en majorité des spécimens hirsutes de type hystrichosphère. Le marqueur *Corradinisphaeridium horridum* a été reconnu à la cote Ju74,5; à Tercis, il caractérise le Campanien supérieur, sous la limite avec le Maastrichtien (Antonescu *et al.*, 2001). Cette étude des restes organiques mériterait d'être approfondie en Navarre où l'on ne dispose pas d'études publiées à notre connaissance car ils ont montré un bon potentiel stratigraphique à Tercis.

Planche 1. Variété des microfossiles dans le faciès de plate-forme de Navarre. Vues au microscope électronique à balayage. Barre d'échelle = 300 µm (vues 1 à 7); ou 100 µm (vues 8 à 26).

1, ossicule colonnaire de crinoïde, vue latérale, niveau Ju111. 2, ossicule brachial latéral d'ophiure, niveau Ju111. 3, ossicule brachial ventral d'ophiure, niveau Ju91. 4-5, ossicule marginal d'astéride, 4: face articulaire, 5: face latérale, niveau Ju89. 6, otolithe de poisson, vue latérale, niveau Ju93, 7, microbrachiopode, vue dorsale, niveau Ju93. 8, carapace d'ostracode, *Bythoceratina* sp., vue latérale gauche. 9, foraminifère benthique, *Bolivinoïdes* sp., niveau Ju93. 10, foraminifère hétérohélicide, *Heterohelix* sp., vue latérale, niveau Ju93. 11-18, foraminifères planctoniques, 11: *Contusotruncana fornicata*, face spirale, niveau Ju93; 12: *Globotruncana linneiana*, face spirale, niveau Ju93; 13-16: *Radotruncana calcarata*, 13: vue spirale, niveau Ju83,6; 14: vue spirale, niveau Ju91; 15-16: vues spirale et cavalière du même spécimen, niveau Ju93; 17-18: *Globotruncanita stuartiformis*, vue spirale et latérale du même spécimen, niveau Ju91. 19-21, *Tubella hunzikeri*, microproblematica, 19-20: même spécimen, vue cavalière orale et profil, niveau 33; 21: vue cavalière orale d'un spécimen sectionné, niveau Ju74,5. 22-23, *Lucernellus aubouini*, même spécimen vu de profil et en vue cavalière aborale, niveau Ju63. 24-26, *Lucernellus* sp., microproblematica, même spécimen en vue aborale (vue 25) et cavalière aborale (vue 26) et détail de la vue 25 (24), niveau Ju91.

Plate 1. Diversity of microfossils in the platform facies of Navarre. Scanning electron microscopy. Scale bar = 300 µm (views 1 to 7); or 100 µm (views 8 to 26). 1, columnal ossicle of crinoid, lateral view, level Ju111. 2, lateral brachial ossicle of ophiuroid, level Ju111. 3, ventral brachial ossicle of ophiuroid, level Ju91. 4-5, marginal ossicle of asteroid, 4: articular side, 5: lateral side, level Ju89. 6, fish otolith, lateral view, level 93. 7, microbrachiopod, dorsal view, level Ju93. 8, ostracod carapace, *Bythoceratina* sp., left lateral view. 9, benthic foraminifer, *Bolivinoïdes* sp., level Ju93. 10, heterohelcid foraminifer, *Heterohelix* sp., lateral view, level Ju93. 11-18, planktonic foraminifers, 11: *Contusotruncana fornicata*, spiral face, level Ju93; 12: *Globotruncana linneiana*, spiral face, level Ju93; 13-16: *Radotruncana calcarata*, 13: spiral view, level 83,6; 14: spiral view, level Ju91; 15-16: spiral and sub-profile views of the same specimen, level Ju93; 17-18: *Globotruncanita stuartiformis*, spiral and lateral views of the same specimen, level Ju91. 19-21, *Tubella hunzikeri*, microproblematica, 19-20: same specimen, sub oral and profile views, level Ju33; 21: sub-oral view of a cut specimen, level Ju74.5. 22-23, *Lucernellus aubouini*, profile and sub-aboral views of the same specimen, level Ju63. 24-26, *Lucernellus* sp., microproblematica, aboral view (view 25) and sub-profile (view 26) and detail of view 25 (24), level Ju91.



4.2. Foraminifères planctoniques

Parmi les globotruncanides, un bon nombre de taxons ont été reconnus entre nos cotes Ju74,5 et Ju124: *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana arca*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncanita subspinosa*, *Globotruncanita insignis*; *Globotruncanita elevata*, *Contusotruncana fornicata* et *Contusotruncana patelliformis*. La préservation est inégale, ici encore (Pl.1, Figs 11-18). Toutefois, notre objectif n'était pas d'établir une biostratigraphie détaillée pour les foraminifères mais seulement de reconnaître la distribution du marqueur clé *Radotruncana calcarata*.

Celui-ci a été reconnu pour la première fois dans ce faciès de plate-forme de Navarre grâce à ses épines périphériques et à son profil plano-convexe préservé même pour

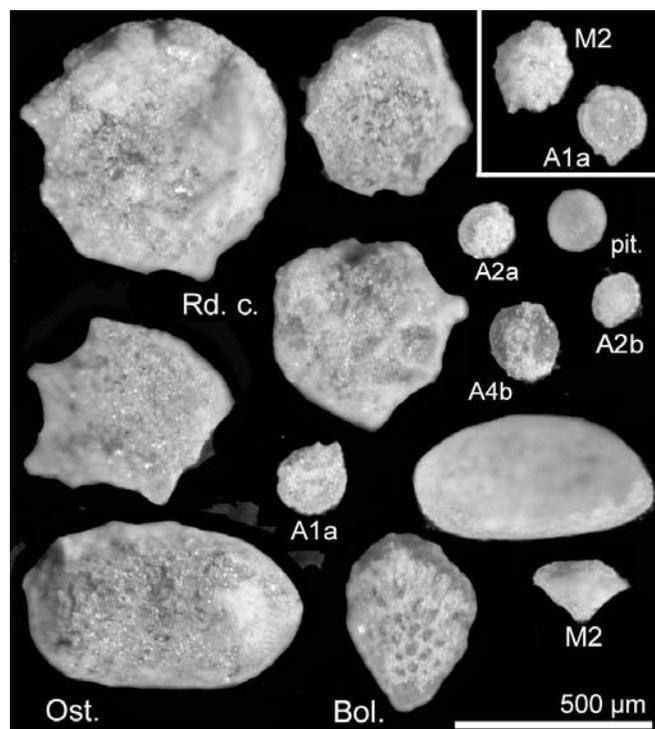


Figure 5. Vues au microscope optique de quelques spécimens de microfaune extraits du niveau Ju83,6 de la section du Mont Juandechaco. A1a, A2a, A2b, A4b, M2: diverses gilianelles (microproblematica); Ost.: ostracode; pit.: pithonelle (incertae sedis); Rd. c.: *Radotruncana calcarata* (foraminifère). Dans le cadre en haut à droite, autres vues des mêmes gilianelles A1a et M2 orientées différemment.

Figure 5. Optic microscopic views of the microfauna collected from level Ju83.6 (Juandechaco Mount section). A1a, A2a, A2b, A4b, M2: gilianelles (microproblematica); Ost.: ostracod; pit.: pithonellid (incertae sedis); Rd. c.: *Radotruncana calcarata* (foraminifer). Upper right corner: the same gilianelles A1a and M2 differently oriented.

certains tests très altérés (Pl. 1, vues 15-16). La présence est assurée dans les spécimens provenant des cotes Ju80, Ju83,6, Ju89, Ju91 et Ju93. Deux spécimens douteux ont été suspectés à la cote Ju79 et peut-être un à la cote Ju74,5. En tout, la zone d'existence de *R. calcarata* représente 13 à 18 m en Navarre ce qui est du même ordre d'épaisseur que pour le site de référence à Tercis. Pour chaque niveau, dont certains ont été dupliqués pour estimer la reproductibilité des trouvailles, les tris ont été arrêtés après l'observation d'un millier de globotruncanides et 2 à 4 spécimens du marqueur ont été récoltés chaque fois dans ces conditions. Le niveau le plus riche se situe à notre cote Ju83,6 où 12 spécimens ont été récoltés parmi 839 globotruncanides. Ainsi, ce niveau est en même temps le plus riche en microfaune planctonique comme noté plus haut; il a un rapport benthiques/planctoniques bas: 0,6; il est le plus riche en *R. calcarata*. Cette coïncidence suggère que le niveau où le marqueur abonde relativement est le plus "océanique".

4.3. Microproblematica

Lors de la découverte des microproblematica dans le site de référence à Tercis (Odin & Lethiers, 2006; Odin, 2007) un code alphanumérique simple leur a été attribué pour désigner temporairement les diverses formes. Ces codes ont été rappelés lors de leur récente détermination (Odin, 2008a) et permettent de les désigner brièvement. Les niveaux soumis à l'acétolyse en Navarre pour observer les foraminifères ont été testés ensuite pour rechercher la présence de ces formes énigmatiques. Rappelons que, si la plupart des foraminifères est présente dans la fraction supérieure à 250 µm, c'est dans la fraction inférieure à cette taille qu'il faut chercher les microproblematica. Un premier état des observations en Navarre a été soumis pour rendre compte de nos résultats et de leur intérêt pour la corrélation biostratigraphique inter-régionale (Odin, 2008b). L'information est complétée ici par l'illustration des formes observées et la présentation de quelques particularités de cette microfaune navarraise de petite taille.

Jusqu'ici, 17 taxons de microproblematica de Tercis (Landes) ont été dénombrés en Navarre dans les 13 niveaux examinés. Cinq niveaux sont très pauvres et l'information est concentrée à nos niveaux navarrais Ju33; Ju63; Ju74,5;

Ju83,6; Ju100; Ju111; Ju117 et Ju124. La préservation des restes est mauvaise à la fois par l'altération du test et par une déformation qui peut rendre impossible l'identification au delà du genre. La fréquence des microproblematica est maximale dans le niveau le plus ancien où ont été observés 50 spécimens par gramme de sédiment dissocié. Aux cotes Ju74,5 Ju117 et Ju124 une trentaine de spécimens ont été observés par gramme de sédiment dissocié. Les cinq niveaux très pauvres livrent moins d'un spécimen par gramme.

La planche 1 présente trois formes de microproblematica non rattachées aux gilianelles. *Tubella hunzikeri* (code L1; Pl. 1, vues 19-21) est une forme intéressante car, à Tercis, elle caractérise la base de la section et disparaît à la cote Ts50,2. La distribution relative du taxon est semblable en Navarre où elle comprend et entoure les niveaux renfermant l'ammonite *B. polyploum*.

Lucernellus aubouini (le lucernel d'Aubouin, code F1; Pl. 1, vues 22-23) est une forme potentiellement plus intéressante encore car, à Tercis, l'espèce n'existe qu'entre les cotes Ts47,2 et Ts57,9 c'est à dire au dessus de la zone d'existence de *B. polyploum* et en partie dans les niveaux à *R. calcarata* sus-jacents. Les deux spécimens récoltés en Navarre proviennent d'un niveau situé au dessus des spécimens de *B. polyploum* récoltés mais encore sous les niveaux à *R. calcarata*. Les spécimens de Navarre possèdent 4 bras régulièrement répartis autour de la face orale ce qui en fait peut-être une variété distincte de celle présente à Tercis où les spécimens comportent toujours 5 ou 6 bras. Cependant, la similitude des tests ne laisse pas de doute sur leur conspécificité. Une autre forme de microproblematica, que nous pensons apparentée à la précédente malgré sa dimension supérieure, a été récoltée en Navarre à notre cote Ju91. Elle est décrite plus loin et n'a pas été observée à Tercis.

Parmi les gilianelles, groupe de microproblematica défini récemment (Odin, 2007), le taxon le plus commun est la petite médaille tarbelle (*Numismella tarbellica*, code A1a; Pl.2, vues 1-2); elle est la forme dominante commune à la fois dans l'échantillon le plus ancien et dans les niveaux les plus récents examinés. À la cote Ju74,5 elle est localement remplacée par la scutellelle épaisse (*Scutellella crassa*, code A1b) comme forme dominante (Pl. 2, vues

6-7). La situation est la même à Tercis où ces deux formes dominant souvent l'association, tout au long de la série, la seconde prenant parfois la place dominante à la première. Observée dans cinq échantillons, la scutellelle à longue voile (*Scutellella longivelifera*, code A2b; Pl. 2, vues 3-5) n'est pas très commune en Navarre. Il en est de même de la scutellelle circulaire (*Scutellella circularis*, code A2a) souvent difficile à reconnaître en l'absence de sa collette équatoriale. Ces deux derniers taxons sont largement distribués dans tout le Campanien supérieur à Tercis comme en Navarre. Il n'en est pas de même de la scutellelle joliment voilée (*Scutellella pulchrevelifera*, code A3; Pl. 2, vues 8-9) qui est restreinte aux niveaux plus anciens et à la base des couches à *B. polyploum* à Tercis (cotes Ts5 à Ts25 de Tercis; Odin, 2008a) tandis qu'elle n'a été observée qu'à notre cote Ju33, sous ces mêmes couches à *B. polyploum* en Navarre. Cette scutellelle est un bon marqueur de temps et est contemporaine, à Tercis, de plusieurs espèces rapportées au genre *Pocillella* (code E3). En Navarre, un unique spécimen de *Pocillella* a été trouvé à la cote Ju33 confirmant ainsi une répartition relative semblable dans les deux successions.

Comme marqueur de niveaux plus récents, le petit corail chanterelle (*Coraliella cantharella*, code M2; Pl. 2, vues 16-17) est présent à Tercis depuis la base des niveaux à *R. calcarata* jusqu'au Maastrichtien inférieur compris (cotes Ts47,2 à Ts125,5 de Tercis; Odin, 2008a). En Navarre, quelques spécimens de cette gilianelle ont été rencontrés à nos cotes Ju74,5 et Ju83,6 c'est à dire dans l'équivalent de la partie basse de la distribution connue à Tercis. Plus haut, le petit corail simple (*Coraliella simplex*) n'est présent, à Tercis, que dans un intervalle de quelques mètres situé au dessus de la disparition de *R. calcarata*. En Navarre, un unique spécimen a été observé à la cote Ju100, quelques mètres au dessus de la disparition connue du même foraminifère dans cette série. Une autre gilianelle peut être considérée comme marqueur de temps; il s'agit de la terciennelle sphérique (*Tercensella globosa*, code N2b) une forme difficile à distinguer d'une pithonelle (Pl. 2, vue 15). Elle est pratiquement contemporaine du petit corail chanterelle à Tercis (couches situées au dessus de la cote Ts49 de Tercis; Odin, 2008a). En Navarre, elle a été reconnue dans des couches ayant le même âge qu'à Tercis, entre les cotes Ju83,6 et Ju124, c'est à dire dans et au dessus de l'intervalle d'existence de *R. calcarata*.

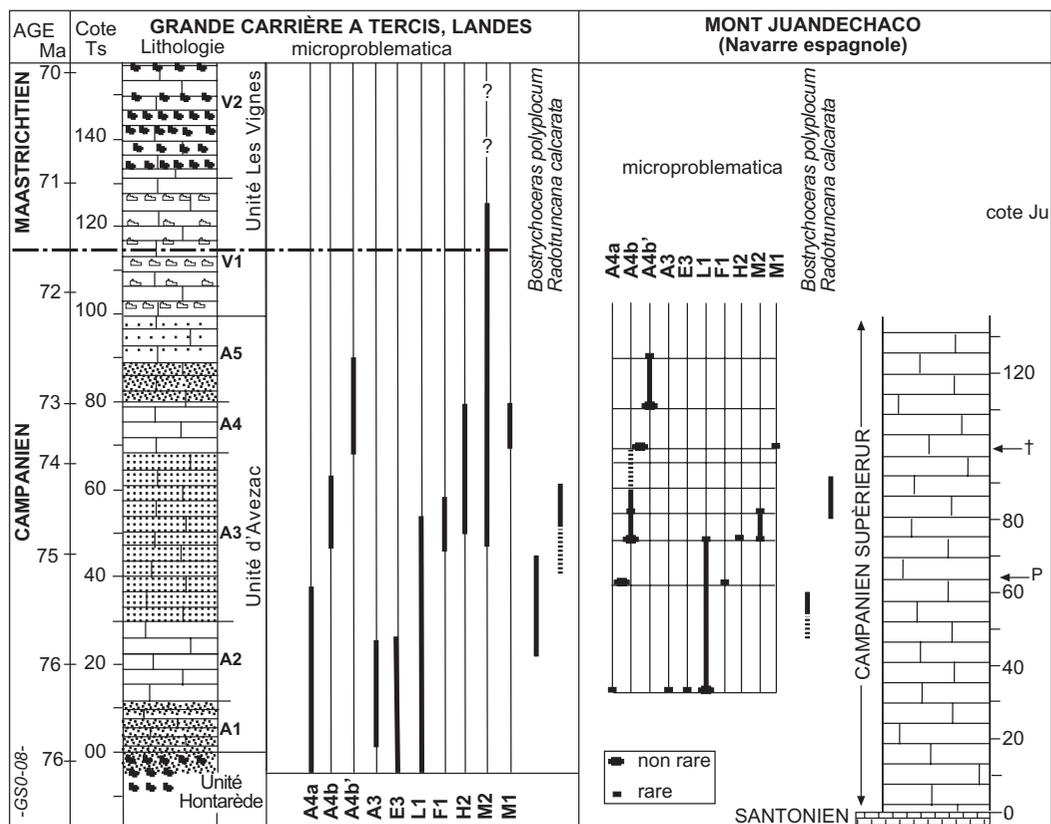


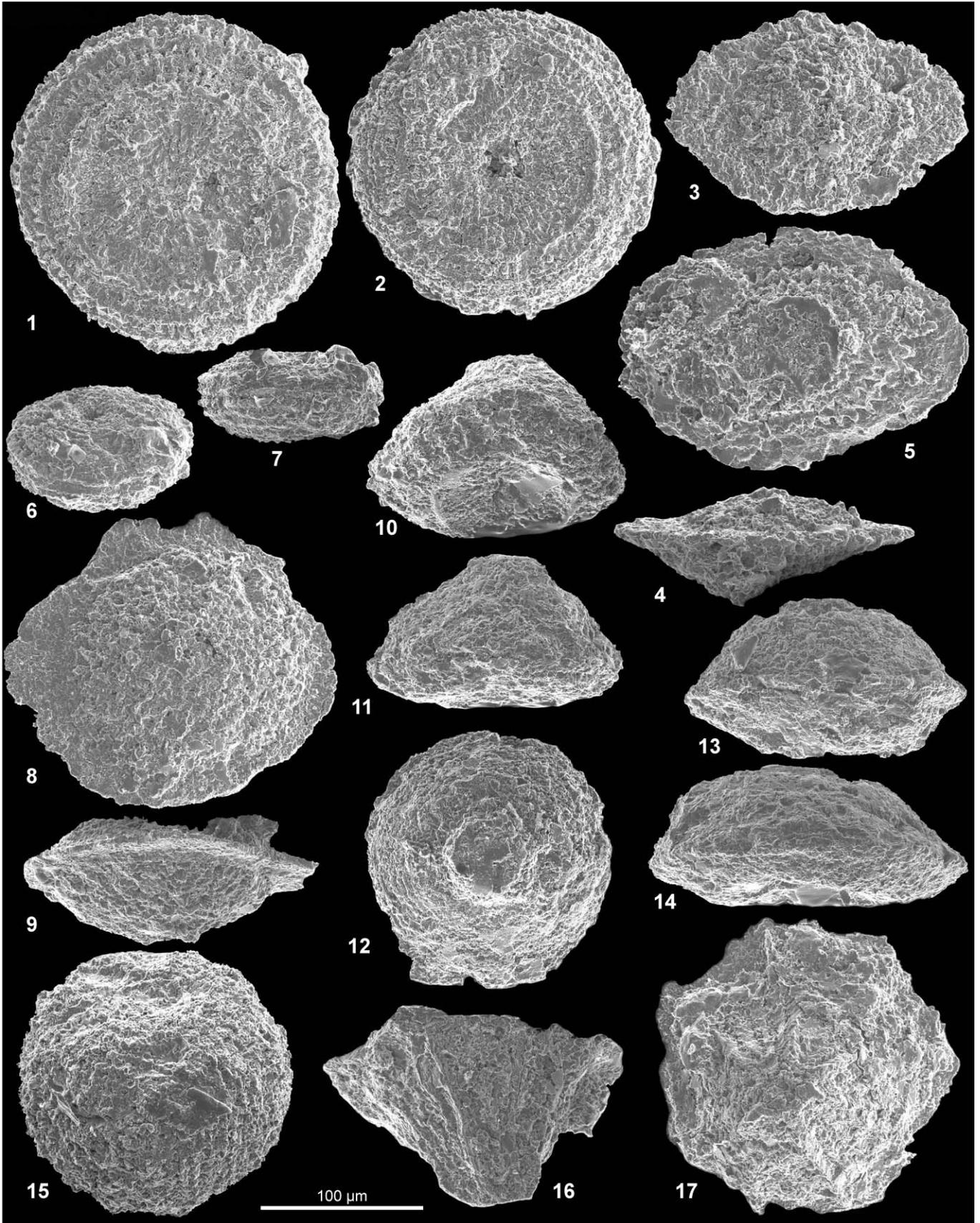
Figure 6. Corrélation entre le stratotype de Tercis et la coupe du Mont Juandechaco. À Tercis, les nodules de silex sont symbolisés dans les unités Hontarède, V1 (silex clair) et V2 (silex foncé); la présence de glauconie est notée en pointillés dans les unités A1 à A5.

Figure 6. Stratigraphical correlation between the stratotype at Tercis and the section of the Juandechaco Mount. At Tercis, flint nodules are shown in the Hontarède, V1 (light flint) and V2 (dark flint) units; dots indicate the presence of glaucony in units A1 to A5.

Un dernier marqueur chronologique très significatif est constitué par les diverses espèces d'aturelles, un genre qui évolue de façon continue à Tercis tout au long de la série campanienne et même au delà et pour lequel 4 espèces ont été formalisées (Odin, 2008a). En Navarre, le niveau Ju33 renferme une espèce dont le profil est nettement dissymétrique (*Aturella altodepressa*, code A4a; Pl. 2, vues 10-12). La face orale est bien plus développée que la face aborale et possède un col marqué entourant l'orifice situé au centre. Plus haut dans la série, le profil devient symétrique (*Aturella aequilatera*, code A4b; Pl. 2, vue 13) notamment dans les niveaux qui renferment *R. calcarata*. Au dessus encore, notamment à la cote Ju111, le profil de la face aborale est marqué par une sorte de couronne en relief qui caractérise l'espèce *Aturella angulata* (code A4b'). Plus haut encore, le profil se modifie encore mais l'on se trouve alors dans des couches dont l'équivalent n'a pas été examiné en Navarre. La succession des formes est la même dans les deux successions des Landes et de Navarre.

Planche 2. Gilianelles du faciès de plate-forme à pithonelles de Navarre. Vues au microscope électronique à balayage. Barre d'échelle commune: 100 µm. 1-2, *Numismella tarbellica*, vue 1: face aborale, niveau Ju83,6; vue 2: face orale, niveau 33. 3-5, *Scutellella longivelifera*, vue 3: face orale, niveau Ju74,5; vue 4: profil du même spécimen; vue 5: face aborale, niveau Ju83,6. 6-7, *Scutellella crassa*, vue 6: vue cavalière orale, niveau Ju74,5; vue 7: profil du même spécimen; 8-9, *Scutellella pulchrevelifera*, vue 8: vue orale, niveau Ju33; vue 9: profil cavalier aboral du même; 10-12, *Aturella altodepressa*, 10: vue cavalière aborale, niveau 33; vue 11: profil du même spécimen; 12, vue orale d'un autre spécimen, niveau Ju33. 13, *Aturella aequilatera*, profil, niveau Ju74,5. 14, *Aturella angulata*, 14: profil, niveau Ju100. 15, *Tercensella globosa*, vue cavalière orale, niveau Ju124. 16-17, *Coraliella cantharella*, 16: vue aborale, niveau Ju83,6; 17: profil du même spécimen.

Plate 2. Gilianelles from the platform pithonellid-rich facies of Navarra. Scanning electron microscopy. Common scale bar = 100 µm. 1-2, *Numismella tarbellica*, view 1: aboral side, level Ju83.6; view 2: oral side, level Ju33. 3-5, *Scutellella longivelifera*, view 3: oral side, level Ju74.5; view 4: profile of the same specimen; view 5: aboral side, level Ju83.6. 6-7, *Scutellella crassa*, view 6: sub oral side, level Ju74.5; view 7: profile of the same specimen; 8-9, *Scutellella pulchrevelifera*, view 8: oral side, level Ju33; view 9: sub-aboral profile of the same; 10-12, *Aturella altodepressa*, view 10: sub-aboral side, level Ju33; view 11: profile of the same specimen; 12, oral side of another specimen, level Ju33. 13, *Aturella aequilatera*, profile, level Ju74.5. 14, *Aturella angulata*, 14: profile, level Ju100. 15, *Tercensella globosa*, sub-oral view, level Ju124. 16-17, *Coraliella cantharella*, 16: aboral side, level Ju83.6; 17: profile of the same specimen.



4.4. Corrélacion entre les coupes de plate-forme

Les fossiles marqueurs cités ci-dessus permettent de mettre en parallèle les deux successions où les microproblematica ont été observés. La figure 6 résume la situation en se limitant aux taxons communs significatifs.

Le niveau Ju33, avec A4a, A3, E3 et L1 est contemporain des niveaux Ts0-Ts20 de Tercis. Le niveau Ju63 contenant un intermédiaire A4a/A4b et F1, est contemporain des niveaux Ts39-Ts47 à Tercis. Le niveau Ju74 situé entre la disparition de *B. polyplacum* et l'apparition de *R. calcarata* et qui renferme A4b, L1, H2 et M2 est équivalent aux niveaux Ts47-Ts52 à Tercis. Pour le niveau Ju83 situé dans l'intervalle d'existence de *R. calcarata* contemporaine de A4b et M2, on se situe vers les niveaux Ts55-Ts60 à Tercis. Pour le niveau Ju100 postérieur à la disparition de *R. calcarata* et où l'on trouve un intermédiaire A4b/A4b' et M1, on a l'équivalent des cotes Ts64-Ts70 à Tercis. Au dessus, pour les niveaux Ju111 et Ju124, on se trouve dans l'équivalent des niveaux Ts70 à Ts89 de Tercis.

Ainsi, les informations données par deux bons macrofossiles stratigraphiques: une ammonite et un foraminifère planctonique permettent de situer relativement les niveaux des deux successions de Tercis et du Mont Juandechaco. Ceci étant établi, l'examen de la succession relative des événements fournis par l'évolution des microproblematica conduit à observer une parfaite cohérence. Ces microproblematica permettent donc d'affiner les relations chronologiques entre les deux successions.

5. PALÉONTOLOGIE SYSTÉMATIQUE

Groupe MICROPROBLEMATICA

Genre *Lucernellus* Odin, 2008a

Espèce type: *Lucernellus aubouini* Odin, 2008a.

Description.- Corps cupulaire à symétrie axiale; expansions entourant la face orale constituées de diverticules de la loge; test formé de deux couches de cristallites; cou-

che interne, épaisse généralement bien préservée; couche externe, très fine, le plus souvent détruite dans l'espèce type; orifice discret, axial sur une face orale; présence de trace(s) d'expansion(s) brisée(s) sur la face aborale.

Espèces appartenant au genre:

L. aubouini, Odin (2008a, Pl. 15, vues 235 à 239)

L. sp. 1

Lucernellus sp. 1 nov. sp. (code H1, ce travail)
(Pl. 1, vues 25-26)

Description.- Corps en cupule de taille supérieure à celle des gilianelles (diamètre proche de 300 µm, hauteur 150 µm); face orale à peine convexe avec un orifice, simple trou dans la paroi du test; contour de la face orale sub-pentagonal (Pl. 1, vue 25) avec, à chaque angle, un bras épais, dirigé vers l'extérieur dans le plan équatorial, largement inséré sur le corps, de section elliptique aplatie; face aborale tronconique, de section sub-pentagonale en haut des flancs (test avec l'orifice vers le haut sur la vue 26) devenant grossièrement triangulaire et plane au niveau de la surface apicale (voir Fig. 7); structure se détachant en léger relief à chaque angle: cicatrice à lumière très réduite dont les parois révèlent une vague organisation radiale des cristallites qui composent la paroi; pas de nanostructure organisée à la surface de ce test.

Référence.- H1: Provenant du Mont Juandechaco, Navarre espagnole, niveau Ju91, le spécimen de référence de cette espèce laissée en nomenclature ouverte est illustré au microscope électronique à balayage (plot II, spécimen n° 20); il est préservé et inventorié au Musée du site de Tercis sous la référence ESP.X088.

Discussion.- Nous ne disposons pas d'une population pour illustrer d'éventuelles variations; son aspect général et divers détails de son organisation le classent très près de *Lucernellus aubouini* et il peut être attribué au même genre, il complète par là la connaissance de ce taxon marqueur de temps précis présent à Tercis et en Navarre.

Distribution.- Cote Ju91 au Mont Juandechaco où il est contemporain des dernières *R. calcarata*.

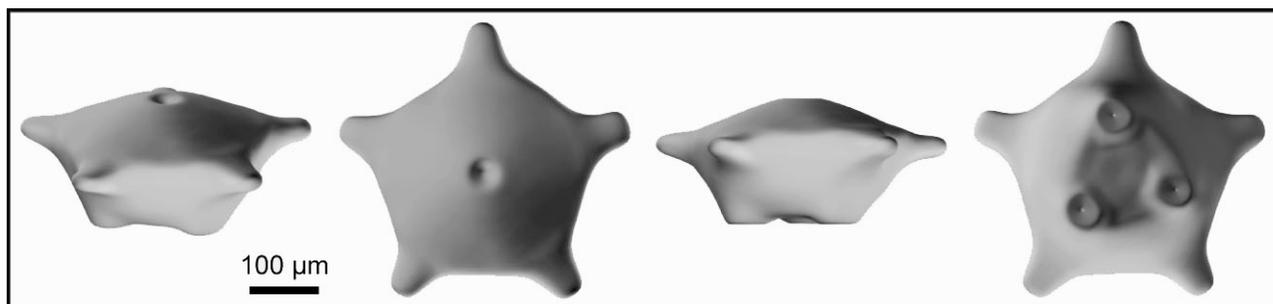


Figure 7. Modèle en 3 dimensions du microproblematica *Lucernellus* sp. 1 de Navarre (réalisation A. Lethiers).

Figure 7. Three dimensional model for the microproblematica *Lucernellus* sp. 1 from Navarre (drawing by A. Lethiers).

6. OBSERVATIONS SUR LES MINÉRAUX PYROCLASTIQUES DE NAVARRE

Connaissant la localisation stratigraphique de l'intervalle à minéraux pyroclastiques à Tercis, il était tentant de voir si des minéraux de même nature étaient présents aux mêmes niveaux sur la plate-forme navarroise espagnole. Rappelons que les événements pyroclastiques explosifs rejettent communément dans l'atmosphère, outre des débris de cendres qui ne se conservent pas souvent dans les sédiments, des cristaux automorphes de biotite (ou de hornblende), de feldspaths potassiques (ou de plagioclase), de zircon et d'apatite. A Tercis, des cristaux de biotite, sanidine, apatite et zircon volcaniques ont été identifiés formellement (Odin, 2001b). Jusqu'à cette première observation, on ne connaissait pas de traces d'événement éruptif dans la région pyrénéenne. Il en existe cependant, à la même époque, en Amérique du Nord. Il s'agit de bentonites interstratifiées dans les sédiments marins créacés du bassin du Western Interior (Obradovich & Cobban, 1976) résultant d'émissions explosives localisées dans l'ensemble des Montagnes Rocheuses durant l'intervalle de 76 à 70 Ma. Ces traces sont connues depuis le Saskatchewan au Nord (Baadsgaard *q.*, 1993) en passant par le Montana, le Wyoming (Hicks *et al.*, 1999), le Colorado, et jusqu'au Nouveau Mexique au Sud; d'autres traces sont connues 1200 km à l'Est du Nouveau Mexique, en Arkansas (Obradovich *et al.*, 1990) et c'est dans ce dernier état qu'elles sont associées à la présence de *Radotruncana calcarata* datée là à environ 75,2 Ma. On ne peut exclure que certains épisodes particulièrement imposants aient envoyé des débris jusqu'en Europe mais il semble peu probable que des apports continus aient pu traverser une partie des États-Unis et l'Atlantique pendant une durée de 1 Ma comme le montrent les sédiments de Tercis.

L'examen optique des échantillons navarrois soumis à l'acétolyse a permis d'observer des paillettes de biotite dans la fraction supérieure à 250 µm aux cotes Ju93 et Ju100. Quelques sédiments provenant des cotes Ju80 à Ju100 ont ensuite été dissous en milieu tamponné acétique afin de préserver les restes phosphatés dont les éventuels cristaux d'apatite. Décantation des résidus, séparation magnétique et séparation densitométrique au bromoforme ont été appliquées ensuite. La fraction fine (inférieure à 80 µm) dense a révélé, la présence d'apatite probable et de zircon dans les trois niveaux testés provenant des cotes Ju93, Ju83,6 et Ju80. Ils étaient accompagnés de baguettes vert bouteille. Quelques cristaux caractéristiques ont été soumis au microscope électronique équipé d'une sonde analytique. Les images obtenues (Fig. 8) indiquent que, parmi les cristaux de zircons (la sonde dénote la présence de 3 éléments: Si, Zr, O) certains sont parfaitement automorphes et sont sans trace de choc (Fig. 8, vues 1 et 3). D'autres portent des traces de choc et ne sont certainement pas parvenus dans le sédiment uniquement par la voie des airs, tandis que d'autres, très émoussés, ont subi une longue histoire détritique (Fig. 8, vue 4). Quant aux baguettes de couleur vert bouteille ou brunes, communes à très communes dans les échantillons Ju80, Ju83,6, Ju91, Ju93, Ju109, leur forme et leur composition: présence des éléments O, Al, Si, Mg, (Na, Fe, Ca) indique qu'il s'agit de cristaux de tourmaline dont la taille peut être supérieure à 250 µm; ce n'est pas un indice de volcanisme aérien mais de détritisme magmatique. Malgré cette provenance, leur préservation peut être bonne (Fig. 8, vue 2).

En résumé, l'étude minéralogique préliminaire des cristaux de haute température séparés des calcaires à pithonelles de Navarre espagnole laisse apparaître une

composate détritique mêlée à une probable contribution pyroclastique dans les niveaux qui renferment *R. calcarata* comme à Tercis. Dans les deux cas, il n'a pas été trouvé d'événement ponctuel considérable qui aurait marqué la série d'un niveau bentonitique. L'intérêt de cette observation est double et concerne la nature de l'événement et sa signification. Quant à sa nature, on n'a pas trouvé d'événement ponctuel considérable de type bentonite à Tercis ni en Navarre espagnole (non plus que dans le domaine du faciès flysch du Pays Basque); sans rejeter la possibilité d'en trouver un localement, on peut dire qu'il s'agit plutôt d'un épisode volcanique dont la durée (de l'ordre de 1 Ma d'après la chronologie illustrée à Tercis) n'est pas très longue mais dépasse le simple phénomène ponctuel.

Quant à son interprétation, cet intervalle volcanique éruptif acide paraît illustrer la première trace de collision entre la plaque ibéro-lusitanienne et la plaque Europe bien avant les phases usuellement admises pour ce phénomène supposé Paléocène-Éocène avant l'orogénèse pyrénéenne qui débute à l'Oligocène (Bilotte *et al.*, 2001, Fig. 2c).

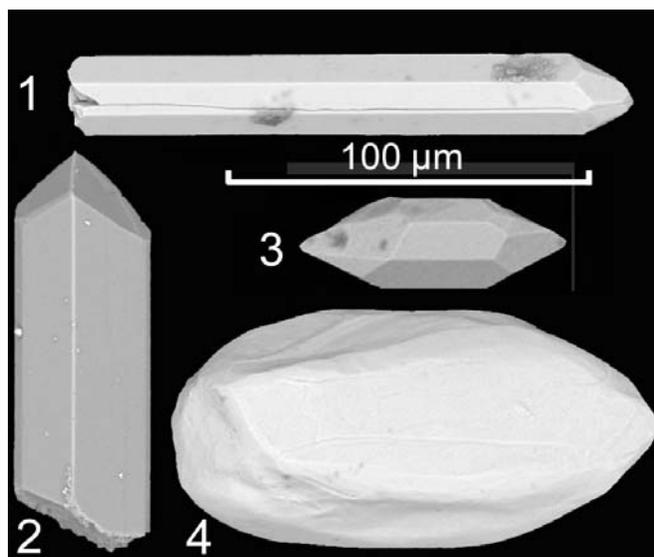


Figure 8. Cristaux séparés de la fraction fine, dense au bromoforme provenant du Mont Juande chaco, dans les niveaux contemporains de l'intervalle pyroclastique de Tercis. 1: zircon automorphe, Ju93; 2: tourmaline automorphe, Ju93; 3: zircon automorphe, Ju83; 4: zircon détritique, Ju93.

Figure 8. Crystals from the fine, dense fraction (density above 2.9) from the Juande chaco Mount in levels contemporaneous to those where pyroclastic minerals were observed at Tercis. 1: automorphic zircon, Ju93; 2: automorphic tourmaline, Ju93; 3: automorphic zircon, Ju83; 4: smoothed detrital zircon, Ju93.

7. CONCLUSION

L'application de la technique d'acétolyse sur les niveaux calcaires indurés du Campanien supérieur de Navarre a permis de dissocier des sédiments qui se sont révélés riches en microfossiles. Une parenté sédimentologique très proche peut être mise en évidence avec le faciès dit "Aturien" des dépôts du stratotype de Tercis où a été définie la limite Campanien-Maastrichtien. Dans les deux cas, il s'agit de calcaires à pithonelles riches en éléments d'échinodermes variés. Ceci caractérise un environnement de plate-forme favorable, notamment, au développement des échinides du genre *Micraster*. Cependant, la succession des espèces de ce genre, très bien caractérisée à Tercis pour le Campanien supérieur, n'est pas reproduite en Navarre, laissant entendre que ce taxon se développait et évoluait indépendamment dans les deux endroits pourtant séparés de moins d'une centaine de km de part et d'autre d'un même bassin.

L'examen des sédiments dissociés a aussi conduit à la découverte de foraminifères variés suffisamment abondants pour permettre une datation stratigraphique des niveaux et compléter ainsi l'approche chronologique de ces dépôts jusqu'ici stratigraphiquement localisés par leur macrofaune. Malgré une préservation pas toujours idéale, on est en droit d'espérer des foraminifères benthiques comme des foraminifères planctoniques une datation relative continue. L'attribution des couches à un âge plus précis que Campanien-Maastrichtien peut alors être obtenu après l'examen de petites quantités de sédiment ce qui devrait faciliter le repérage stratigraphique pour préciser la carte géologique. Rappelons à ce propos que la définition mondiale de la limite Campanien-Maastrichtien à Tercis (Odin & Lamaurelle, 2001) situe le sommet de la zone à *R. calcarata* (situation de la limite autrefois admise en Mésogée) près de 3 Ma au dessous de la limite d'étage définie à Tercis d'après notre plus récente estimation (Odin & Walaszczyk, 2003). Ce déplacement a été rendu nécessaire afin de normaliser la limite utilisée dans les bassins mésogéens avec celle des bassins nordiques où les bélemnites constituent l'outil pratique utilisé alors que ces mollusques sont absents en Mésogée.

Outre la présence des foraminifères planctoniques, les couches de Navarre ont livré des microproblematica dont une grande variété avait été découverte dans les niveaux

du stratotype de limite où ils permettent un découpage stratigraphique plus précis que celui résultant de l'examen des nombreux autres groupes de restes organiques présents sur la plate-forme. L'étude entreprise en Navarre a montré que non seulement ces microproblematica étaient présents mais aussi 1- qu'ils comprenaient des restes similaires à ceux de Tercis, 2- qu'ils se succédaient dans le temps dans le même ordre et 3-qu'ils avaient la même position stratigraphique par rapport aux trouvailles de macrofaune ammonitique et de microfaune planctonique. Une bonne corrélation peut ainsi être proposée entre les Landes et la Navarre.

Enfin, les niveaux contemporains de ceux qui renferment des minéraux pyroclastiques dans la section stratotypique de Tercis repérés par rapport à la zone d'existence du foraminifère *Radotruncana calcarata* ont aussi livré des indices probablement volcaniques en Navarre; ils renferment aussi des minéraux manifestation d'origine magmatique qui ne portent pas toujours les traces de leur remaniement ce qui rend l'identification de l'origine indubitablement volcanique des cristaux de biotite ou de zircon délicate.

8. REMERCIEMENTS

Edwige Masure nous a livré accès à son laboratoire pour les attaques fluorhydriques. Les prises de vues en microscopie électronique ont été réalisées par Omar Boudouma à l'université Pierre et Marie Curie. Alexandre Lethiers a réalisé les planches et la reconstitution en 3 dimensions du microproblematica nouveau. Jean-Pierre Bellier et Francis Robaszynski ont eu l'amabilité de répondre à nos interrogations taxinomiques. Marius Dan Georgescu et Jose Antonio Arz Sola ont bien voulu relire le manuscrit initial et proposer des améliorations.

9. RÉFÉRENCES

Antonescu, E., Foucher, J.-C., Odin, G.S., Schioler, P., Siegl-Farkas, A., and Wilson G.J. 2001. Synthetic view of the Dinoflagellate cysts in the Campanian-Maastrichtian succession of Tercis-les Bains (Landes, France), a synthesis. In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and*

Stratigraphy Series, 19, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter C2d, 253-264.

Arz, J.A. y Molina, E. 2002. Bioestratigrafía y cronoestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Campaniense superior y Maastrichtiense de latitudes templadas y subtropicales (España, Francia y Tunisia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, 224* (2) 161-195.

Berrois Pi, C., Carbayo Olivares, A., León Gonzales, L., y Villalobos Vilchez L. 1978. Mapa Geológico de España, Hoja 1/50.000, 115: Guлина. *Instituto Geológico y Minero de España*, 61 pp.

Baadsgaard, H., Lerbekmo, J.F., Wijbrans, J.R., Swisheriii, C.C., and Fanning, M. 1993. Multimethod radiometric age for a bentonite near the top of the *Baculites reesidei* zone of southwestern Saskatchewan (Campanian-Maastrichtian stage boundary?). *Canadian Journal of Earth Sciences, 30*, 769-775.

Berthou, P.-Y., Odin, G.S., Antonescu, E., et Villain, J.-M. 2001. Microfaciès des sédiments du Campanien et du Maastrichtien de Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter B1b, 113-119.

Bilotte, M., Odin, G.S., and Vrielynck, B. 2001. Geology and Late Cretaceous palaeogeography of the geological site at Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter A4, 47-59.

Carbayo Olivares, A., León Gonzales, L., del Valle de Lersundi, J. y Villalobos Vilchez, L. 1978. Mapa Geológico de España, Hoja 1/50.000, 116: Garralda. *Instituto Geológico y Minero de España*, 36 pp.

El Nady, H. 2006. Contributions to the stratigraphic significance of the Genus *Bolivinoidea* and their paleoecology across the Campanian/Maastrichtian boundary in the Gabal El-Mouriefik section, Eastern Sinai, Egypt. *Revue de Paléobiologie, 25*(2), 671-692.

Herm, D. 1965. Mikropaläontologisch-stratigraphische Untersuchungen im Kreideflysch zwischen Deva und Zumaya (Prov. Guipuzcoa, Nordspanien). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 115*, 277-348.

Hicks, J.F., Obradovich, J.D., and Tauxe, L. 1999. Magnetostratigraphy, isotopic age calibration and intercontinental correlation of Red Bird section of the Pierre Shale, Niobrara County, Wyoming, USA. *Cretaceous Research, 20*, 1-27.

Küchler, T. 2000. Upper Cretaceous of the Barranca (Navarra, northern Spain); integrated litho-, bio-, and event stratigraphy, Part II: Campanian and Maastrichtian. *Acta Geologica Polonica, 50*(4), 441-499.

Küchler, T., und Kutz, A. 1989. Biostratigraphie des Campan bis Unter-Maastricht der E-Barranca und des Urdiroz/Imiscoz-Gebietes (Navarra, N-Spanien). In: *Cretaceous of the Western Tethys* (Ed. J. Wiedmann). Proceedings 3rd International Cretaceous Symposium, Tübingen 1987, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 191-213.

- Küchler, T., Kutz, A., and Wagreich, M. 2001. The Campanian-Maastrichtian boundary in northern Spain (Navarra Province): the Imiscoz and Erro sections. In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter E3, 723-744.
- Küchler, T., and Odin, G.S. 2001. Upper Campanian-Maastrichtian ammonites (Nostoceratidae, Diplomoceratidae) from Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter D4e, 500-528.
- Laurent, Y., Le Loeuff, J., Billotte, M., Buffetaut, E., and Odin, G. S. 2001. Campanian-Maastrichtian continental-marine connection in the Aquitaine-Pyrenees-Provence area (S France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter D10, 657-665.
- Néraudeau, D., and Odin, G.S. 2001. Echinoids from the geological site at Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter D6, 612-634.
- Oradovich, J.D., Brayant, W.A., Cobban, W.A., and Kennedy, W.J. 1990. An isotopic age for the late Campanian *Globotruncanita calcarata* planktic foraminifer from the Annona Chalk of S.W. Arkansas and its relation to the Western Interior ammonite zones. *Geological Society of America Annual meeting Report*, Dallas, A235, abstract 15016.
- Oradovich, J.D., and Cobban, W.A. 1976. A time scale for the Late Cretaceous of the Western Interior of North America. *Geological Association of Canada, Special Paper*, 13, 31-54.
- Odin, G.S. 2001a. The Campanian-Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents. *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, xxviii + 881 pp.
- Odin, G.S. 2001b. Descriptive lithostratigraphy of the Campanian-Maastrichtian succession at Tercis les Bains (SW France). In: *The Campanian-Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter B1a, 85-109.
- Odin, G.S. 2001c. Inoceramid bivalves in the Campanian-Maastrichtian of Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter D3a, 452-461.
- Odin, G.S. 2001d. Biometry on *Pachydiscus perfidus* and *Pachydiscus neubergicus*. In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter D4g, annexe 2, 562-567.
- Odin, G.S. 2001e. Les fossiles du site géologique de Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter B1d, 134-160.
- Odin, G.S. 2007. Sur des microfossiles calcaires problématiques du stratotype de la limite Campanien-Maastrichtien de Tercis (Sud-Ouest, France): les giliannelles. *Comptes Rendus Palevol*, 6 (3), 181-188.
- Odin, G.S. 2008a. Description et illustration de quarante-quatre giliannelles (microproblematica) et dix autres microproblematica du Crétacé de la section stratotypique de Tercis (limite Campanien-Maastrichtien), Sud-Ouest France. *Carnets de Géologie*. Brest, Mémoire 2008/01, 82 p., 16 pl., 1 animation, supplément 16 pl couleur. accessible en ligne http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2008_M01/
- Odin, G.S. 2008b. Biostratigraphie de *Radotruncana calcarata* (foraminifère), des giliannelles et autres microproblematica dans le Campanien-Maastrichtien du domaine péri-pyrénéen occidental. *Comptes Rendus Palevol*, 7 (4), 195-203.
- Odin, G.S., Courville, Ph., Cobban, W.A., and Machalski, M. 2001. The Campanian-Maastrichtian ammonite fauna from Tercis (Landes, France); a synthetic view. In: G.S. Odin (Réd.), voir ci-dessus, chap. D4g, 550-561.
- Odin, G. S., and Lamaurelle, M.A. 2001. The global Campanian-Maastrichtian stage boundary at Tercis les Bains, Landes, SW France. *Episodes*, 4, 229-238.
- Odin, G.S., et Lethiers A. 2006. Nouvelles études micropaléontologiques sur le stratotype de la limite Campanien-Maastrichtien à Tercis (SO France): les giliannelles (microproblematica) extraites par acétolyse. *Carnets de Géologie*, Brest, Article 2006/05, 28 p., 7 fig., 9 pl., 3 vidéos; versions française ou anglaise.
- Odin, G.S., et Odin, P. 1994. Première description d'une coupe dans la localité aturienne de Tercis (Landes): contribution à l'étude de la limite Campanien-Maastrichtien. *Géologie de la France*, 2, 31-37.
- Odin, G.S., et Walaszczyk, I. 2003. Sur les inocérames de Tercis (Landes, France): le meilleur outil corrélatif entre Europe et Amérique du Nord autour de la limite Campanien-Maastrichtien. *Comptes Rendus Géosciences*, 335, 239-246.
- Tronchetti, G. 2001. Les foraminifères benthiques des affleurements campano-maastrichtiens de Tercis les Bains. In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter C4b, 314-327.
- Walaszczyk, I., Cobban, W.A., and Odin G.S. 2002. The inoceramid succession across the Campanian-Maastrichtian boundary. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 49, 53-60.

ANNEXE

Note taxinomique sur les genres *Globotruncanita-Radotruncana*

Francis Robaszynski

Faculté Polytechnique Mines -Géologie, Rue de Houdain, 9,
B-7000 Mons, Belgique
Francis.Robaszynski@fpms.ac.be

Loeblich & Tappan (1988, p. 469-470) reconnaissent le genre *Radotruncana* El Naggar, 1971 avec "*Globotruncana calcarata*" comme espèce-type, ce que suivent les auteurs qui se réfèrent usuellement à Loeblich & Tappan (par exemple: Ion & Odin, 2001). Officiellement, c'est donc le genre *Radotruncana* qui devrait être utilisé pour l'espèce *calcarata*; c'est ce qui est accepté, par exemple, par Premoli Silva & Verga (2004, p. 25 et Pl. 119-120).

Toutefois, *Radotruncana calcarata* appartient à une lignée comprenant les formes *Globotruncanita stuartiformis* > *G.(?)-R.(?) subspinosa* > *G.(?)- R.(?) calcarata* avec des formes de transition ce qui peut justifier le maintien du nom de genre *Globotruncanita* pour les 3 espèces comme cela est pratiqué par de nombreux auteurs à la suite de Robaszynski *et al.* (1984, p. 224).

Références

- El Naggar, Z.R. 1971. On the classification, evolution, and stratigraphical distribution of the Globigerinacea. In: (Réd.), *Proceedings of the II International Conference on Planktonic Microfossils* (Ed. A. Fari-nacci), Edizioni Tecnoscienza, Rome, 1, 477-537.
- Ion, J., and Odin, G.S. 2001. Planktonic Foraminifera from the Campanian-Maastrichtian at Tercis les Bains (Landes, France). In: *The Campanian - Maastrichtian stage boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents* (Ed. G.S. Odin). *IUGS Special Publication (monograph) Series, 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, 19*, Elsevier Sciences Publications, Amsterdam, chapter C5c, 349-370.
- Loeblich, A.R., and Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their Classification*, 1988. Van Nostrand Reinhold, New York, 970 pp.
- Premoli Silva, I., and Verga, D. 2004. *Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera*. International School on Planktonic Foraminifera, 3° Course: Cretaceous. Universities of Perugia and Milan, 283 pp.
- Robaszynski, F., Caron, M., González Donoso, J.M., and Wonders, A.A.H. 1984. Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids. *Revue de Micropaléontologie*, 26, 145-305.

MANUSCRITO RECIBIDO: 23 de marzo, 2008

MANUSCRITO ACEPTADO: 6 de junio, 2008