LES CALPIONELLES DANS LES COUCHES DE PASSAGE JURASSIQUE-CRÉTACÉ DE LA FOSSE VOCONTIENNE

par **Jürgen REMANE** *

AVANT-PROPOS

Les recherches de ce travail sont destinées à une thèse de doctorat, entreprise sous la direction de M. le Professeur SCHINDEWOLF de l'Université allemande de Tübingen.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma sincère gratitude envers les Professeurs du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, et surtout envers MM. les Professeurs L. MORET et J. DEBELMAS qui toujours ont fait preuve à mon égard d'une grande sympathie et d'une grande compréhension, et ont bien voulu me fournir d'intéressantes directives concernant ce travail.

INTRODUCTION

L'objet essentiel de cette étude est de vérifier jusqu'à quel point les Calpionelles peuvent être considérées comme fossiles caractéristiques. Certaines d'entre elles possèdent sans doute une étendue verticale assez importante; aussi paraît-il préférable de tenir compte dans la définition des zones stratigraphiques des fréquences relatives des diverses espèces dans les faunes que de se borner à constater leur présence ou leur absence. Ceci entraîne l'évaluation statistique des faunes de Calpionelles.

Afin de déterminer avec précision les conclusions stratigraphiques, nous n'avons choisi comme coupes-clé que des successions d'assises bien

* Geologisch-Palæontologisches Institut der Universität, Göttingen.

dégagées où il n'y avait pas d'accidents tectoniques susceptibles de passer inaperçus. Cela nous permet en même temps d'effectuer un échantillonnage très serré.

La situation géographique et géologique des coupes décrites ci-dessous ressort dans la fig. 1. La région étudiée comprend la plus grande partie des chaînes subalpines, de faciès dauphinois, et aussi l'Ardèche. La succession des faunes observée dans nos coupes-clé devrait ainsi valoir pour l'ensemble de la fosse vocontienne. Des recherches ultérieures devront vérifier, si cette stratigraphie peut s'appliquer à un plus vaste domaine. Les résultats obtenus par DOBEN [27] dans les Alpes bavaroises semblent le confirmer.

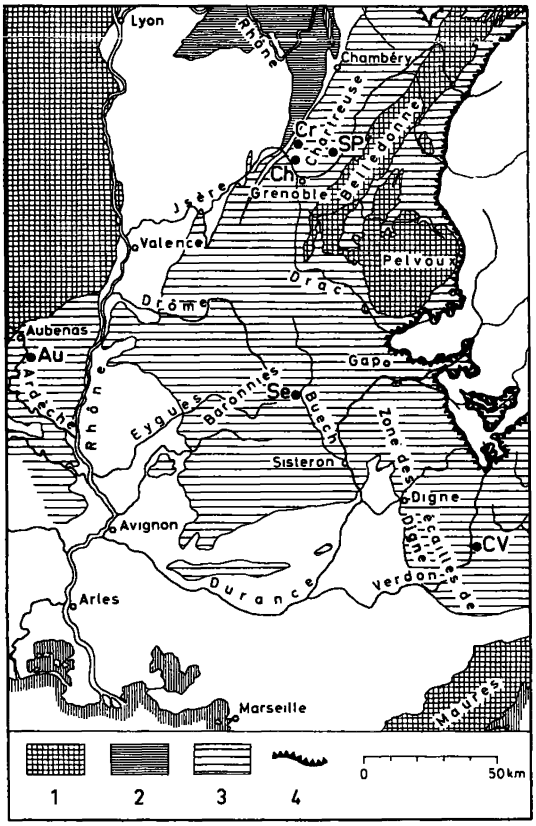


Fig. 1. — Situation géologique et géographique des successions d'assises étudiées ici. D'après MORET, légèrement modifié.

Légende : 1, Massifs cristallins externes et Massif Central; 2, Faciès jurassiens; 3, Faciès dauphinois et Mésozoïque de l'Ardèche; 4, Chevauchement pennique frontal. — *Au,* Coupe de l'Auzon, près de Vogüé; *Ch,* Coupe du Chevallon; *Cr,* Coupe du Rocher de Charminelle; *CV,* Coupe de la Clue de Vergons; *Se,* Coupe de la Cluse de Serres, *SP,* Coupe de Saint-Pancrasse.

PREMIERE PARTIE

PALÉONTOLOGIE

A) Les conditions de fossilisation des Calpionelles et leur attribution systématique.

La théorie que les Calpionelles seraient des Tintinnoïdiens fossiles, émise par COLOM en 1934 [16], se heurtait d'abord à la difficulté d'envisager la fossilisation de coquilles purement organiques. Ce problème paraissait résolu par DEFLANDRE en 1936 [25] qui adopta l'hypothèse qu'il s'agissait de formes agglutinantes, où le quartz aurait été remplacé par de la calcite. Plus récemment ANDRUSOV [2] a fait remarquer qu'on n'observe jamais dans le test des Calpionelles les traces de quartz épigénisés et qu'il présente plutôt un aspect parfaitement homogène. BONET, 1956 [5], arrive enfin à la conclusion que la lorica des Calpionelles était à l'origine calcaire et, en effet, on n'observe jamais un autre mode de fossilisation. De plus les quantités énormes de coquilles que l'on trouve dans les roches écartent, selon BONET, l'hypothèse d'une calcitisation secondaire. BONET créa alors la nouvelle superfamille *Calpionelloidea* qui comprend par définition les Tintinnoïdiens à lorica calcaire tandis que les Tintinnoïdiens s. str. sont rassemblés dans la superfamille *Tintinnoidea.* Ces deux groupes forment le sous-ordre *Tintinnina.*

En ce qui concerne la nature chimique de la lorica, nos recherches apportent une confirmation à l'hypothèse de BONET. Même du point de vue purement théorique, il paraît difficile d'envisager une substitution de quartz clastique (donc cristallin) par de la calcite. Les Radiolaires et les spicules de Spongiaires qui — il est vrai — se trouvent fréquemment calcitisés présentent en réalité un cas différent : ici la matière primitive était de l'opale qui se dissout beaucoup plus facilement que le quartz cristallin. En outre on rencontre assez souvent dans les calcaires à Calpionelles des Foraminifères arénacés tels que *Psammosphaera* qui ne sont point calcitisés.

Si nous admettons avec BONET que la lorica des Calpionelles était primitivement calcaire, il n'y a pourtant aucun doute qu'elle ait subi une transformation au cours de la diagénèse des roches. En étudiant de plus près les coupes de logettes dans les lames minces, on s'aperçoit que le contour externe est toujours bien dessiné et suit un tracé continu. La

délimitation interne au contraire est très mal définie, son parcours est en zig-zag, à peine parallèle au galbe externe (v. surtout la fig. 2). L'épaisseur de la paroi varie fortement à l'intérieur d'une même espèce. Mais, fait très intéressant, elle dépend du grain de la roche encaissante. Dans

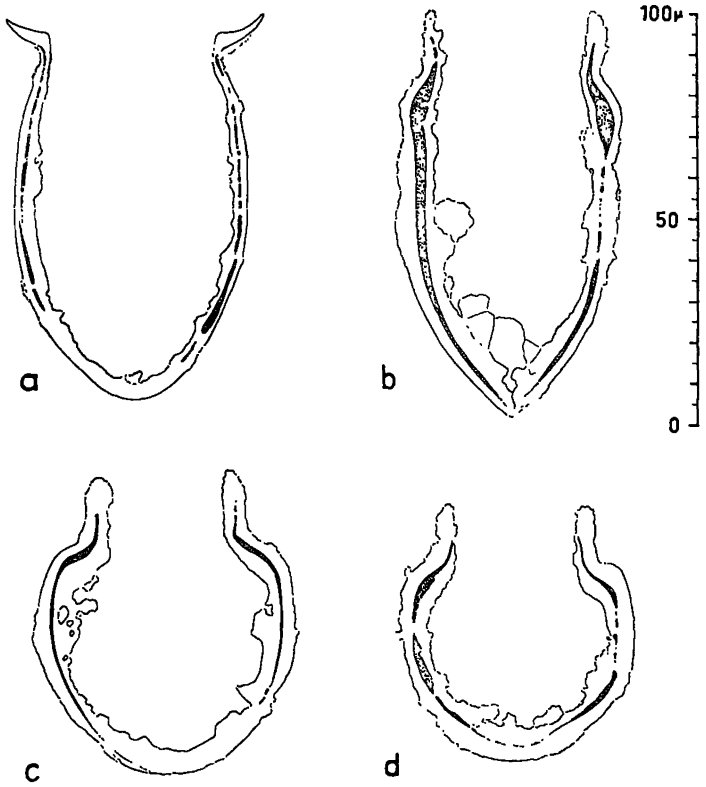


Fig. 2. — Sections de Calpionelles à « couche intermédiaire » granuleuse

a, Tintinnopsella carpathica, Néocomien de Bendinat, Majorque; *b, Crassicollaria* sp.; *c-d, Calpionella alpina,* Tithonique supérieur de la coupe de l'Auzon (Ardèche).

les marno-calcaires du Berriasien, extrêmement fins grâce à l'argile, les parois sont très minces, alors qu'on trouve dans les calcaires tithoniques (surtout au Chevallon, près du bord de la fosse vocontienne) plutôt des Calpionelles à test épais. En regardant de plus près, on voit que les calcaires — bien que pélagiques — montrent ici un grain nettement plus grossier que les calcaires marneux du Berriasien.

L'épaisseur de la paroi ne peut en conséquence servir de critère spécifique. On a, il est vrai, l'habitude d'attribuer un test très mince à *Tintinnopsella carpathica* et un test épais à *Calpionella alpina,* mais les apparences sont trompeuses. *T. carpathica* se trouve surtout dans le Berriasien où toutes les Calpionelles possèdent des coquilles plus minces tandis que *C. alpina* domine au Tithonique supérieur, dans des calcaires purs au grain plus grossier. Les *C. alpina* du Berriasien ont toutefois un test moins épais que celles du Tithonique supérieur. D'autre part les rares *T. carpathica* que l'on rencontre dans le Tithonique possèdent des parois assez épaisses. On observe le même phénomène si l'on passe du bord de la fosse vocontienne à son intérieur, ce qui écarte l'idée que les tests des Calpionelles se seraient progressivement amincis au cours d'un développement phylogénique. De plus le diamètre de l'ouverture entre encore en jeu, nous y reviendrons plus loin.

Ces observations démontrent de façon incontestable que les fibres radiaires du test se sont mises à croître vers l'intérieur de la lorica peu après le dépôt dans la vase calcaire. Il s'est ainsi produit un épaississement secondaire de la paroi. Notons cependant qu'il ne s'agit pas d'incrustations de calcite à l'intérieur des logettes, car les cristallisations secondaires ont la même orientation cristallographique que les éléments du test, et le tout forme un ensemble parfaitement homogène.

Sans doute les Calpionelles possédaient-elles primitivement un test fibreux (d'où le phénomène de la croix noire) ; il était très vraisemblablement composé d'aragonite ; cette hypothèse expliquerait plus facilement les phénomènes de recristallisation. Peu après l'ensevelissement des logettes dans la vase calcaire au fond de la mer, l'aragonite se serait transformée en calcite. Cette transformation prit naissance à la surface des coquilles, au contact avec la vase ambiante (formée de petits grains de calcite), et progressa vers l'intérieur. En général les logettes n'étaient pas complètement remplies de sédiment. La recristallisation du test, une fois déclenchée, s'est poursuivie et les cristaux de calcite de néoformation continuèrent à croître tant qu'il y avait de l'espace libre, dépassant ainsi la limite primitive de la lorica vers l'intérieur. Au cours de cette transformation, la structure fibreuse du test fut plus ou moins effacée, mais, en général, le phénomène de la croix noire est encore bien visible.

De cette façon le rôle que jouent le grain du sédiment et le diamètre de l'ouverture de la lorica s'éclaircit. Ces deux facteurs déterminent le remplissement des logettes par la vase. Si le grain est plus grossier (il s'agit cependant toujours de calcaires pélagiques) et l'ouverture étroite, le sédiment n'arrive pas à remplir toute la lorica, l'épaississement secondaire de la paroi atteint alors un degré notable.

Mais il reste encore un phénomène à élucider. On rencontre très

rarement des Calpionelles dont le test paraît constitué de deux couches de calcite, séparées par une couche intermédiaire d'apparence granuleuse (fig. 2), qui présente très vraisemblablement une précipitation ferrugineuse. Au premier abord, on serait amené à y voir la trace du test primitif, peut-être organique. Mais on s'expliquerait très difficilement la présence d'une couche de calcite de néoformation à l'extérieur de la lorica. Pour autant que l'on puisse juger d'après les rares cas que l'on observe, il paraît plus vraisemblable qu'il s'agit d'une précipitation ferrugineuse *à l'intérieur* de la lorica qui n'arrivait pourtant pas à former une couche solide, de sorte que la recristallisation pouvait la pénétrer. Les observations faites sur quelques spécimens de *C. alpina* et de *Crassicollaria* (fig. 2 *b-d*) concordent bien avec cette manière de voir, seul l'exemplaire de *T. carpathica* (fig. 2 *a*) laisse subsister certains doutes parce qu'on ne voit pas très bien la continuation de la « couche intermédiaire » dans la région du collier oral.

En somme nous pouvons dire que l'hypothèse de BONET [5], que la lorica des Calpionelles était primitivement calcaire, est confirmée par l'étude détaillée des conditions de fossilisation. Il se pose alors la question de savoir si les Calpionelles peuvent vraiment être considérées comme des Tintinnoïdiens fossiles, seulement à cause d'une ressemblance à vrai dire assez superficielle avec les Tintinnoïdiens actuels. Car au fond il ne s'agit que d'une analogie de forme qui n'implique pas forcément une affinité réelle, d'autant plus que nous avons à faire à des coquilles très simples qui peuvent se développer indépendamment. C'est surtout la nature chimique de la lorica des Calpionnelles qui, à notre avis, s'oppose à l'interprétation classique. Nous suivons BONET en ce qui concerne la distinction d'une superfamille Calpionelloidea puisque les espèces jusqu'alors décrites forment bien un groupe de formes nettement apparentées entre elles. Leur attribution systématique demeure pourtant incertaine, tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'il s'agit très vraisemblablement de Protozoaires, mais certainement pas de Foraminifères parce que les caractères de l'ouverture orale s'opposent à une telle hypothèse.

D'autre part DOBEN, 1962 [27], a décrit une forme du Tithonique moyen, semblable à *T. carpathica* mais apparemment à test organique (*Chitinoidella boneti* Dob.). Malheureusement ces loricas n'ont pu être extraites de la roche et ainsi leur nature chimique demeure inconnue. D'après DOBEN il existerait même des formes intermédiaires entre *Ch. boneti* et les vraies Calpionelles dont le test serait constitué de deux couches : l'une, externe, de matière organique, et l'autre, interne, de calcite. Si ces observations se confirmaient, il y aurait peut-être une possibilité de rattacher les Calpionelles aux Tintinnoïdiens. Les assises qui renferment ces formes ne sont malheureusement guère représentées dans

le SE de la France, ce qui nous a empêché de les retrouver dans la fosse vocontienne [1].

B) Principes d'une classification des Calpionelles, basée sur les sections des loricas en lames minces.

Comme nous venons de le voir, les logettes des Calpionelles sont toujours constituées de calcite, et jusqu'à présent on ne les a trouvées que dans des calcaires qui sont souvent très durs. Il n'y a donc pas de possibilité, ni chimique ni mécanique, de les extraire de la roche Il faut les étudier en lames minces où l'on ne voit que les coupes des logettes. En raison de leur taille extrêmement réduite il est impossible de guider la coupe pour faire des sections orientées. Mais les Calpionelles sont orientées dans le sédiment de façon désordonnée et, grâce à leur énorme fréquence, une lame mince taillée dans la roche nous fournit des coupes dans tous les sens. Leur interprétation est pourtant difficile, parce que l'allure d'une section ne permet guère d'en déduire l'orientation par rapport à l'axe de la lorica. Comment peut-on alors reconstituer les vraies proportions des logettes à partir de coupes d'orientation inconnue ? A première vue cela paraît impossible mais, à l'aide de considérations géométriques, on arrive tout de même à des résultats satisfaisants.

D'abord il est absolument certain que les logettes des Calpionelles sont construites selon une symétrie axiale et que par conséquent toutes les sections longitudinales (et en même temps médianes) rendent parfaitement compte de leurs proportions. On se demandera alors s'il y a un moyen de les reconnaître. Il est bien évident que toutes les coupes qui ne montrent pas l'ouverture présentent des sections obliques qui ne sont pas intéressantes. Pourtant dans le cas contraire on n'est pas certain d'avoir une bonne coupe longitudinale. Colom [19, 20] a déjà montré, sur l'exemple de *T. carpathica,* qu'il peut se produire des variations considérables dès que la coupe est légèrement oblique, de sorte qu'elle passe encore bien par l'ouverture de la lorica (v. aussi fig. 4, 5, 8-10, 12, 14).

Pour éviter des reconstitutions erronnées, il faut donc choisir parmi les sections qui *pourraient être* médianes (parce qu'elles montrent l'ouverture) celles qui le *sont certainement.* Mais comment les reconnaître ? Pour les formes qui possèdent un appendice caudal telles que *T. carpathica,* le cas est simple : une section qui montre à la fois cette prolongation axiale et l'ouverture doit être médiane — ou, plus exactement, elle coupe sans doute le plan médian à l'extrémité aborale et jusqu'à la zone orale elle

---

[1] Mazenot, 1939 [59], supposa que le Tithonique moyen faisait défaut dans les chaînes subalpines. Cette théorie, basée sur les faunes d'Ammonites, est confirmée par les Calpionelles.

s'en écarte peut-être un peu (mais si la section passait très près du bord de l'ouverture, cela se traduirait par une convergence anormale du col). Les fig. 8 *a-c*, 9 *a c*, 10 *a-c*, 12 *a-b* et 14 *b* démontrent bien que les déformations qui se produisent dans ce cas sont négligeables. S'il s'agit d'espèces à extrémité aborale arrondie, telles que *C. alpina* et *C. elliptica,* seules les sections les plus grandes peuvent être retenues — pour des raisons géométriques — comme coupes longitudinales..

Cette méthode nous fournit sans doute une base solide pour la recons titution des vraies proportions des logettes, mais elle ne nous permet pas d'identifier rigoureusement toutes les sections médianes dans une lame mince. En outre la détermination spécifique des sections obliques demeure incertaine. Revenons à l'exemple de *T. carpathica,* déjà discuté par COLOM [19, 20] : nous sommes sûrs que les coupes avec prolongation caudale correspondent à des sections axiales, mais il est impossible de vérifier si les coupes sans prolongation sont simplement des sections obliques de la même forme, ou si elles dérivent d'une autre qui n'en a jamais possédé. Ce problème ne peut être résolu. Il serait cependant inutile (comme l'a déjà constaté COLOM) de créer une nouvelle espèce dont l'existence ne peut être prouvée de façon incontestable.

A la lumière de ces faits, les possibilités de déterminer les espèces de Calpionelles d'après les sections des logettes que l'on voit en lame mince paraissent bien limitées. On peut toutefois préciser davantage. Nous avions déjà dit plus haut que les logettes sont construites selon une symétrie axiale. Cela nous permet de reconstituer par des constructions géométriques toutes les coupes obliques d'une certaine forme à partir de sa section médiane (v. fig. 3).

Dans la fig. 3 nous avons une section médiane de *C. elliptica.* La ligne *a-a* correspond à l'axe de symétrie de la lorica. La droite *s-s* indique la direction de la section à étudier, le plan de la section est normal au plan du dessin. Par conséquent il coupe la logette perpendiculairement sur le point A à une certaine distance du plan du dessin en (H). Cette distance dépend du diamètre de la lorica à cette hauteur et de la distance du point A de l'axe de symétrie. On peut alors tourner la section transversale de la logette à la hauteur du point A (qui est circulaire à cause de la symétrie axiale) de 90°, de sorte qu'elle arrive dans le plan du dessin. On obtient ainsi la distance A-(H) = A-H que l'on déporte ensuite des deux côtés du point A. De cette façon on a construit le diamètre de la section à étudier en ce point. La même construction a été faite pour le point B. Par ce procédé on peut construire point par point tout le tracé de notre coupe de la lorica. Cette méthode permet de déterminer *toutes* les sections obliques qui peuvent dériver d'une certaine lorica donnée.

A l'aide de ces constructions géométriques nous sommes en mesure d'établir un ordre logique dans la grande variété de sections que l'on rencontre dans la nature. Théoriquement, cette variété s'explique de la façon suivante : une certaine espèce est caractérisée par la forme de la lorica qui varie toujours un peu. A cette variabilité « naturelle » il

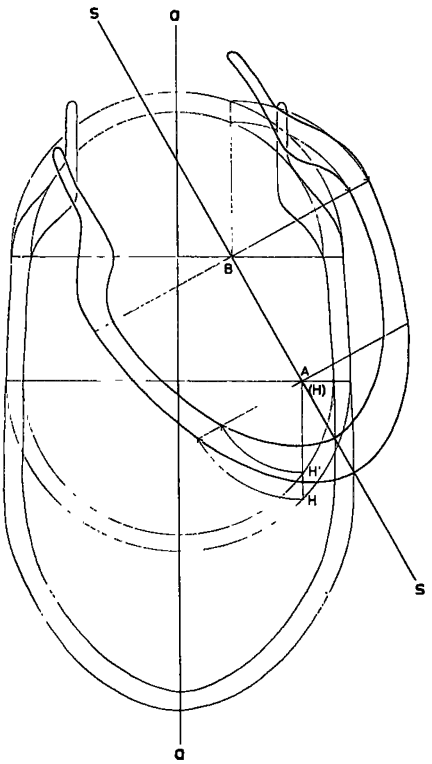


Fig. 3. — La construction de sections obliques à partir d'une coupe longitudinale de *Calpionella elliptica*. — Explication plus détaillée dans le texte.

s'ajoute quand on regarde les sections dans les lames minces les variations qui résultent du fait que les logettes sont coupées dans des sens divers. Les deux variations se multiplient pour donner la variabilité apparente d'une espèce, telle qu'elle se présente à nous en lame mince comme la variabilité des sections.

Nous ferons les distinctions suivantes : 1) *La variabilité géométrique* d'une certaine lorica donnée est la variété de sections qui dérive d'une

seule logette par le fait qu'elle est coupée dans divers sens (v. fig. 4-5, 8-10, 12, 14). — 2) *La variabilité réelle* d'une espèce correspond aux variations des logettes qui s'observent à l'intérieur d'une espèce. — 3) *La variabilité apparente :* c'est toute la variété de sections que nous fournit une certaine espèce en lame mince ou, en d'autres termes, la somme des variations géométriques des divers représentants d'une espèce.

La théorie est très claire, mais son application pratique est plus difficile puisque c'est la voie inverse qu'il faut prendre. Nous ne partons pas de loricas déjà connues pour expliquer la variété des sections, il nous faut plutôt reconstituer les variations des logettes d'après les sections visibles en lame mince. Nous avons vu qu'une part des coupes longitudinales peut être identifiée, ce qui nous permet de reconstituer certains types de logettes, c'est-à-dire certaines espèces. Par la construction géométrique de sections obliques on peut ensuite établir la variabilité géométrique de leurs représentants caractéristiques et évaluer ainsi les variabilités apparentes des espèces qu'on a pu définir d'après de bonnes coupes longitudinales. Cette manière de procéder nous permet d'une part l'attribution spécifique de nombreuses coupes obliques et, d'autre part, des formes jusqu'alors passées inaperçues doivent se trahir par la présence de sections qui ne rentrent pas dans le cadre des variabilités apparentes des espèces déjà reconnues.

Il faut cependant tenir compte du fait que les variabilités apparentes de deux espèces peuvent s'entrecouper de sorte que des logettes différentes donnent des sections identiques. La fig. 3 démontre qu'une coupe du type *C. alpina* peut aussi être une section oblique de *C. elliptica.* Il faut ensuite rappeler ce qui a été dit à propos de *T. carpathica :* il y a des coupes où il est impossible de déterminer s'il s'agit d'une coupe oblique d'une forme dont on connaît déjà la section médiane ou si l'on est en présence d'une coupe longitudinale d'une espèce indépendante. En d'autres termes, il est bien possible qu'il y ait eu des espèces qui passent inaperçues parce que leurs sections médianes sont semblables aux coupes obliques d'une espèce voisine et qu'elles rentrent à peu près dans le cadre de sa variabilité apparente. Ce problème trouve cependant souvent sa solution par la répartition stratigraphique des formes en question. Il y a ainsi des niveaux où l'on trouve des *C. alpina* tout à fait typiques en quantité énorme, mais jamais de sections qui devraient être attribuées à *C. elliptica.* D'autre part, on observe toujours dans des couches où *T. carpathica* est fréquente, un certain pourcentage de coupes avec appendice caudal de sorte que les sections à extrémité aborale arrondie peuvent être considérées comme coupes obliques.

Ainsi la possibilité qu'il ait existé des espèces passant inaperçues est fort limitée. Et de toute façon la manière de procéder que nous proposons permet d'établir une classification logique des sections des Calpio-

nelles dans les lames minces. Il est évident qu'elle est forcément trop schématique dans certains cas mais, les erreurs dans l'interprétation des coupes sont ainsi réduites au minimum et l'on arrive à une classification objective, susceptible d'être imitée par tous les observateurs.

C) Description des genres et espèces au passage Jurassique - Crétacé.

1) Le genre *Calpionella* Lorenz 1902.
Génotype *Calpionella alpina* Lor. 1902.

Ce genre est très difficile à caractériser, probablement parce que c'est le premier qui ait été décrit. Plus tard, après la création de nouveaux genres, on laissa toutes les formes qui s'y rangeaient difficilement dans le genre *Calpionella* qui est ainsi devenu un assemblage très hétérogène. COLOM cite dans sa monographie de 1948 [19] : *Calpionella alpina* Lor. 1902, *C. elliptica* Cad. 1932, *C. undelloides* Col. 1939 et *C. massutiniana* Col. 1948 ; et depuis on a décrit *C. intermedia* D.-D. 1957, *C. involuta* Leischn. 1959 et *C. schneebergeri* Brunnschw. 1960, ce qui fait 7 espèces plus *C. bucegia* Prot. 1936. Cette dernière avait jusqu'alors été considérée comme un *nomen nudum,* mais elle figure dans PROTESCU 1936 [68].

C. undelloides a été retirée par COLOM, CASTANY et DURAND-DELGA 1953 [24], et dans le cas de *C. involuta* Leischn. il ne s'agit très vraisemblablement que d'une conservation spéciale de *Globochaete alpina,* comme l'a déjà fait remarquer DOBEN 1962 [27]. Ces deux espèces peuvent donc être éliminées.

C. bucegia Prot. présente probablement la même forme que *Stenosemellopsis hispanica* Col. 1939 qui en serait alors synonyme. Malheureusement PROTESCU n'en a jamais indiqué les mesures et les figures n'ont pas d'échelle. A notre avis, il est d'ailleurs très douteux qu'il existe vraiment de telles formes sans collier oral. En 1953, COLOM [24] a déjà supposé que les « *C. undelloides* » étaient simplement des *C. alpina,* accidentellement dépourvues de col. Une interprétation analogue de *C. bucegia* (ou *St. hispanica*) serait assez vraisemblable, d'autant plus que ces formes sont toujours très rares, de sorte qu'elles s'expliquent aisément comme logettes endommagées de grands exemplaires de *C. alpina* ou de *T. carpathica* [2].

Nous avions déjà proposé dans une note antérieure [71] de placer *C. intermedia* D.-D. et *C. massutiniana* Col. dans le nouveau genre

---

[2] Si l'on veut à tout prix retenir *C. bucegia* comme espèce indépendante, elle devrait être placée dans le genre *Stenosemellopsis.*

Crassicollaria Rem. 1962. Le nom générique *Calpionella* serait ainsi réservé à *C. alpina* et *C. elliptica,* à la rigueur encore à *C. schneebergeri.* On pourrait alors baser la diagnose du genre *Calpionella* sur les caractères du col (il serait d'ailleurs en tout cas préférable de caractériser les genres par la configuration du col, parce qu'elle est reconnaissable même dans des coupes obliques qui sont ambiguës dans leur attribution spécifique). Nous proposons alors la diagnose suivante pour le genre *Calpionella :*

Formes avec un collier oral droit, à flancs parallèles ou légèrement divergents (*C. schneebergeri*). Diamètre du col bien inférieur à celui de la lorica ; le col se détache nettement de la coque. Extrémité aborale très vraisemblablement arrondie (des spécimens à extrémité aborale pointue n'ont jamais été observés).

Quant à *C. schneebergeri,* cette espèce n'a été trouvée qu'en Australie dans une faune qui ne contient aucune des Calpionelles connues ailleurs. La roche est décalcifiée, l'état de conservation des logettes est ferrugineux. Il subsiste donc certains doutes quant à l'attribution systématique de cette forme.

Dans les faciès subalpins, le genre Calpionella est alors représenté par deux espèces seulement : *C. alpina* et *C. elliptica.* D'après ce que nous avons constaté plus haut, on voit bien que leur délimitation est délicate. Les sections rassemblées sur la Pl. I démontrent que la transition entre les deux formes est tout à fait graduelle, de sorte qu'on peut être amenée à nier l'existence de deux espèces indépendantes. Les constructions géométriques de coupes obliques à partir de représentants typiques de *C. alpina* et *C. elliptica* (fig. 4, 5) laissent cependant soupçonner que cette transition n'existe pas en réalité. De plus, l'évaluation statistique du rapport longueur/largeur de la lorica (fig. 6) fournit d'autres arguments en faveur d'une séparation des deux espèces : les formes allongées, qui sont caractéristiques de *C. elliptica* telle qu'elle a été définie par CADISCH [9], ne dépassent pratiquement pas la largeur de 55 μ. Le rapport longueur/largeur (longueur toujours sans col) y atteint la valeur de 1,7. Par contre toutes les coupes dépassant 55 μ de largeur atteignent au maximum un index de 1,3 : ce sont des *C. alpina* bien typiques, et à cause de leur largeur, ces coupes ne peuvent être des sections obliques de *C. elliptica.* Ensuite c'est encore la répartition stratigraphique qui parle en faveur de l'existence de deux espèces indépendantes : il y a des niveaux (surtout dans le Tithonique tout à fait supérieur) où l'on rencontre des centaines de sections du type *C. alpina* dans une seule lame mince, mais jamais de formes allongées qui se rapprocheraient de *C. elliptica.* L'individualisation des deux espèces paraît ainsi bien fondée, mais leur diagnose demeure forcément un peu vague parce qu'il est impossible de se faire une image de la variabilité réelle, surtout en ce qui concerne *C. elliptica.*

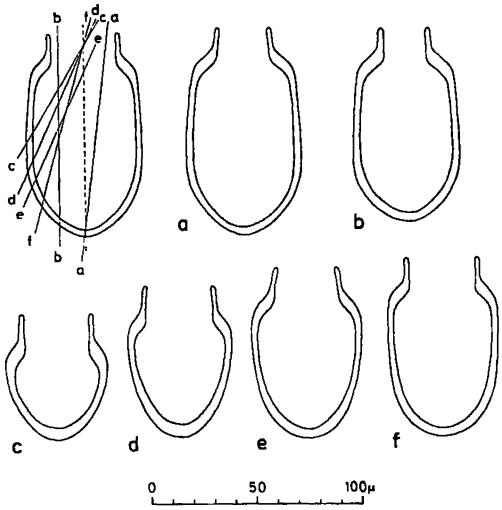


Fig. 4. — Coupes obliques de *Calpionella elliptica,* dérivées d'un représentant typique de l'espèce (à gauche, en haut; nous y avons indiqué les directions des coupes obliques dessinées dans cette figure).

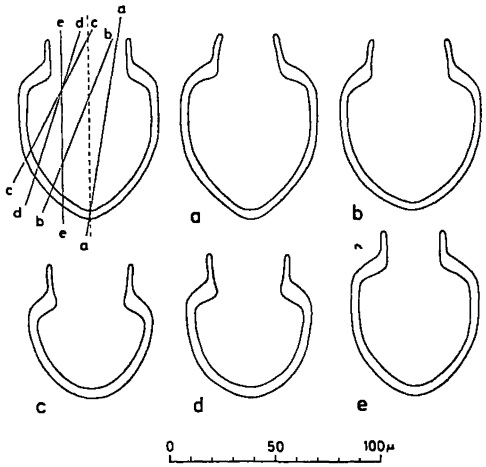


Fig. 5. — Variabilité géométrique d'une grande forme de *Calpionella alpina.*

Calpionella alpina Lorenz 1902 (Pl. I, fig. 1-21, 24 ; Pl. V, fig. 1-2).

Diagnose. — Logette presque sphérique; en section l'extrémité aborale apparaît hémicyclique ou parabolique, jamais pointue. Collier oral cylindrique (flancs parallèles en section longitudinale), nettement détaché de la coque et plus étroit que celle-ci. Longueur du col variable, en général 1/6 de la longueur totale.

Répartition stratigraphique : Tithonique sup. — Berriasien, Valanginien ?

Les plus grandes sections qui aient été observées atteignent une longueur totale de 95 à 100 μ et une largeur de 65 à 75 μ ; diamètre du col 45 à 53 μ [3]. Les plus petites, qui devraient être des sections obliques (en partie dérivant de *C. elliptica*), mesurent 43 à 48 μ de long et 35 à 42 μ de large.

A juger d'après les formes berriasiennes, le test de *C. alpina* était mince ; l'épaisseur actuelle, supérieure, est due à des phénomènes de recristallisation.

La distinction d'une petite et d'une grande variété que l'on trouve chez de nombreux auteurs [9, 19, 20, 25, 36, 37, 75] n'est pas praticable, d'une part à cause de l'interprétation ambiguë des petites sections du type *C. alpina* (qui peuvent être des coupes obliques de *C. elliptica*) et d'autre part parce que l'on ne trouve pas deux maxima dans la répartition des spécimens sur la gamme de la variabilité dès qu'on considère des représentants de tous les niveaux stratigraphiques (fig. 6). Cela n'empêche pas qu'il y a eu des variations de taille au cours du développement de *C. alpina.* Cette espèce commence dans le Tithonique supérieur à de très grands exemplaires qui sont remplacés dans Tithonique terminal par des formes nettement plus petites. Cette succession est bien visible dans toutes les coupes étudiées, mais les *C. alpina* du Tithonique terminal présentent plutôt une « forme moyenne », car c'est seulement au Berriasien qu'apparaissent les sections les plus petites (qui correspondent à la petite variété décrite par DEFLANDRE). En même temps on assiste pourtant à la réapparition de grandes formes, de sorte que les limites s'estompent. Les transitions entre ces trois « variétés » sont trop graduelles pour faire une distinction précise. Peut-être ceci est-il simplement dû au fait que seule la variabilité apparente nous est accessible lorsque nous étudions les sections dans les lames minces. Quoi qu'il en

---

[3] Les mesures que nous avons indiquées antérieurement [71] sont inexactes : elles étaient basées sur un étalonnage de l'échelle dans l'oculaire effectué au grossissement de × 100 et converties ensuite au grossissement de × 500, employé en faisant les dessins. Plus tard il s'est avéré que les grossissements indiqués sur le microscope ne sont pas exacts. Pour obtenir les vraies dimensions, il faut multiplier les mesures données par nous en 1962 [71] d'après le facteur 1,14.

soit, le matériel dont on dispose ne permet ni d'établir des variétés différentes de *C. alpina* ni d'individualiser la « petite variété » comme espèce indépendante [4].

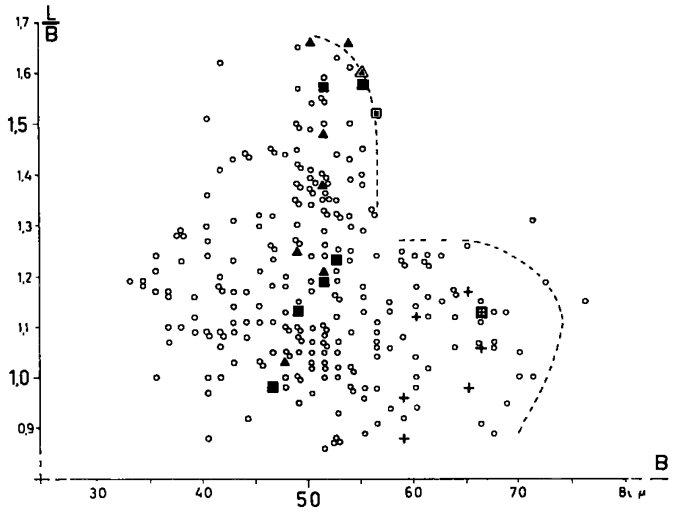


Fig. 6. — Diagramme sur les relations du rapport longueur/largeur (longueur de la coque sans col) avec la largeur de la lorica pour env. 250 spécimens du groupe *C. alpina* - *C. elliptica*. — Les mêmes valeurs sont indiquées pour les coupes obliques de deux représentants caractéristiques de *C. elliptica* (triangle et carré noirs) et d'un exemplaire de *C. alpina* (croix). Les points correspondant aux coupes longitudinales de ces trois spécimens sont encadrés.

Calpionella elliptica Cadisch 1932 (Pl. I, fig. 27, 32-43 ; Pl. V, fig. 3-4).

D'après ce que nous avons dit plus haut, la diagnose de cette espèce est forcément un peu idéalisée parce qu'il est impossible de déterminer sa variabilité réelle.

Diagnose. — Logette allongée, en section médiane plus ou moins elliptique, parfois à flancs parallèles. Extrémité aborale arrondie, jamais pointue. Collier oral en général comme chez *C. alpina,* mais parfois les flancs sont légèrement bombés vers l'extérieur [9].

Répartition stratigraphique : Tithonique sup. et Berriasien.

---

[4] Dans le Fichier micropaléontologique [26], G. et M. DEFLANDRE ont nommé la « petite forme » *Calpionella cadischi* n. sp. sans jamais pourtant en donner une diagnose. D'après les règles internationales de nomenclature zoologique, ce nom ne prend pas caractère de validité.

Les coupes que l'on peut certainement considérer comme sections médianes ont une longueur totale de 90 à 105 μ et 49 à 57 μ de large ; diamètre du col environ 36 μ.

Nous avions déjà remarqué [71] que la plupart des sections figurées par COLOM [16, 19, 20] ne correspondent pas à la description et aux figures de CADISCH 1932 [9]. En revanche les « *Calpionellites ? neocomiensis* Colom ? » de NICOL 1956 [65] et ALLEMANN 1957 [1] sont en réalité des *C. elliptica* Cad. tout à fait typiques.

En ce qui concerne la répartition stratigraphique, cette espèce pose encore des problèmes : les représentants vraiment caractéristiques apparaissent seulement à une certaine hauteur au-dessus de la base du Berriasien (v. fig. 18). Mais aussi dans le Tithonique supérieur il y a, à un niveau stratigraphique très restreint, des formes allongées qui d'après leur rapport longueur/largeur doivent être classées dans *C. elliptica* (fig. 7 *g-k*). L'absence de *C. elliptica* dans les assises intermédiaires — le Tithonique terminal et le Berriasien basal — présente un phénomène tout à fait énigmatique, d'autant plus que les Calpionelles y sont très fréquentes. On serait amené à croire qu'il s'agit de deux espèces indépendantes, mais les critères morphologiques ne justifient pas une telle séparation. Les formes tithoniques, il est vrai, se rapprochent en général plus de *C. alpina* par leur portion aborale parabolique (fig. 7 *a-c, f-k*), trait

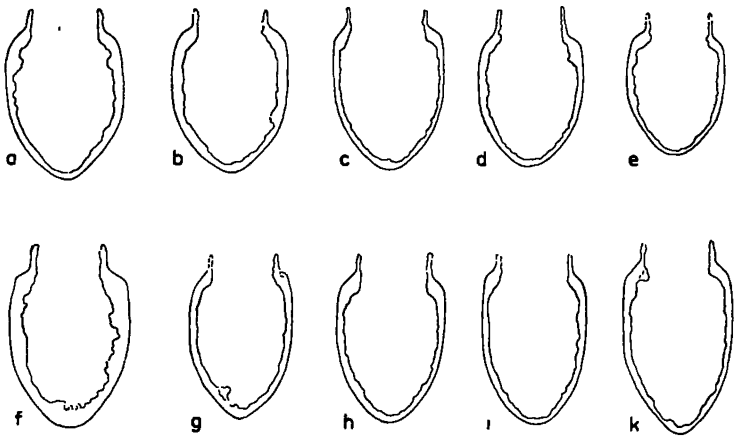


Fig. 7.

a-f, Calpionella sp. (*C. elliptica ?*); *g-k,* ces sections doivent être attribuées à *Calpionella elliptica* Cad. — Les coupes *a-c* et *f-k* viennent du Tithonique supérieur, on voit qu'elles se rapprochent de *C. alpina* dans leur allure. Les sections *d* et *e* sont du Berriasien.

Provenance des coupes figurées ci-dessus : *a, g-k,* Se 43; *b,* SP 11; *c,* Se 47; *d,* Se 4; *e,* Se 2; *f,* SP 12. Même grossissement que la fig. 5.

qui se trouve très rarement les chez formes berriasiennes (les spécimens dans la fig. 7 *d-e* ont plutôt l'air de *C. alpina* déformées). Mais ces différences sont malgré tout trop faibles et trop sporadiques pour servir de critère spécifique. Aussi vaut-il mieux rassembler toutes les coupes qui dépassent un certain rapport longueur/largeur (qui sera discuté plus bas) sous *C. elliptica* Cad.

2) Le genre *Crassicollaria* Remane 1962.

Génotype *Crassicollaria brevis* Rem. 1962.

Diagnose. — Sous la base du collier oral il y a un renflement plus ou moins marqué qui correspond à la largeur maximale de la lorica. Ce renflement est creux ou massif suivant le degré de recristallisation, en général il apparaît massif. Le col est droit ou très légèrement divergent sur toute sa longueur ou, chez d'autres formes, il est brusquement dévié vers l'extérieur sur une base cylindrique. D'habitude il ne se détache pas nettement de la coque. En section médiane la logette apparaît conique (*Cr. brevis*) ou allongée; la terminaison aborale est munie d'un appendice caudal ou simplement ogivale ; il y a peut-être aussi des formes à extrémité aborale arrondie (*Cr. massutiniana*).

Crassicollaria brevis Remane 1962 (Pl. II, fig. 1-18 ; Pl. V, fig. 5-6).

Diagnose. — Ouverture orale large ; logette conique, se prolongeant en un long appendice caudal. Le collier oral est d'abord cylindrique, mais s'évase bientôt brusquement vers l'extérieur. Sous le col il y a un renflement plus ou moins marqué, en ce point la lorica atteint sa plus grande largeur.

Répartition stratigraphique : Partie inférieure du Tithonique supérieur, dans le Tithonique terminal il n'y a que de très rares retardataires.

Mesures corrigées de l'holotype [5] : longueur totale 72 μ, largeur 47 μ, ouverture orale (mesurée à l'intérieur) 33 μ. — La longueur varie dans cette espèce entre 68 et 80 μ, la largeur entre 44 et 52 μ.

Crassicollaria intermedia (Durand-Delga) 1957 [6] (Pl. II, fig. 19-35 ; Pl. V, fig. 7).

Diagnose. — Logette allongée, en section longitudinale souvent plus ou moins elliptique ; l'extrémité aborale est conique et se prolonge en un appendice caudal ; collier oral comme *Cr. brevis*.

---

[5] Voir note 3.

[6] Nous devons à M. le Dr Boller, Zürich, la connaissance de la publication de M. Durand-Delga 1957 [32]. L'étude de cette note montrait que la forme que nous avions nommée

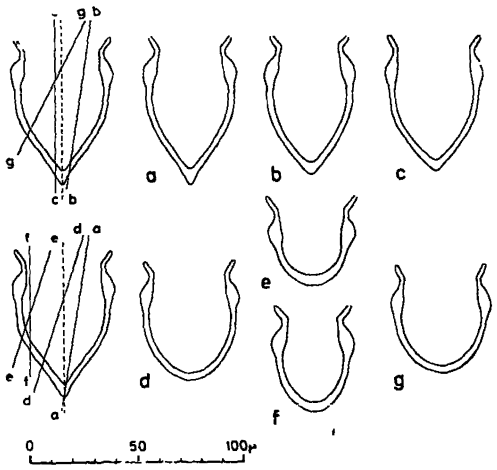


Fig. 8. — Variabilité géométrique de l'holotype légèrement idéalisé de *Crassicollaria brevis* Rem.

Répartition stratigraphique : Partie inférieure du Tithonique supérieur, avec le maximum de fréquence avant celui de *Cr. brevis*.

Dimensions : 91 à 108 μ de longueur, 45 à 51 μ de large.

Peu au-dessus de la base du Tithonique supérieur on rencontre parfois des formes très allongées. Le matériel dont nous disposons jusqu'à présent ne permet pas de décider définitivement s'il s'agit d'un groupe indépendant. Aussi classons-nous toutes les formes allongées dans l'espèce *Cr. intermedia*.

Un autre problème est celui de la délimitation de *Cr. brevis* et *Cr. intermedia*, deux espèces qui sont sans doute très voisines. D'une part, leurs sections obliques sont souvent identiques (v. fig. 8 *d-g* et fig. 9 *e-g*), mais dans ce cas-là il ne s'agit que d'une transition apparente. Mais d'autre part, il y a aussi de véritables formes intermédiaires. Leur fréquence est très difficile à estimer parce que des logettes déformées de *Cr. brevis* sont forcément plus allongées et se rapprochent ainsi de *Cr. intermedia*. Ceci explique la fréquence de formes intermédiaires dans des assises où il y a beaucoup de Calpionelles écrasées. Cela n'empêche cependant pas qu'il existe de véritables formes de transition, mais elles

---

Crassicollaria colomi n. sp. est identique à la *Calpionella intermedia* D.-D. Puisque notre publication [71] était déjà à l'impression, cette synonymie ne pouvait être corrigée que par une note explicative; aussi voudrions nous souligner ici encore une fois que le nom *Cr. colomi* doit être supprimé et remplacé par *Crassicollaria intermedia* (D.-D.).

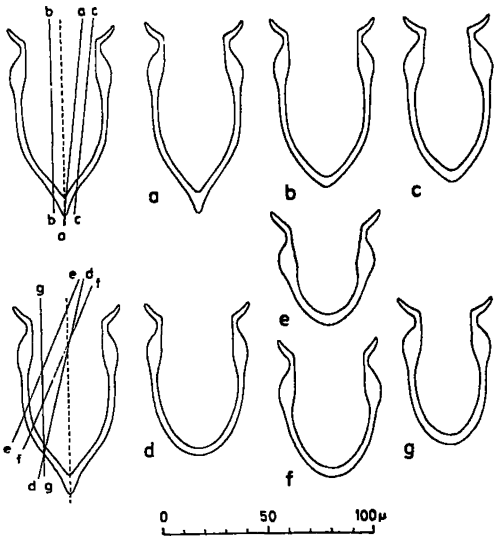


Fig. 9. — Variabilité géométrique d'un représentant caractéristique de *Crassicollaria intermedia* (D.-D.).

sont bien plus rares qu'elles apparaissent à première vue. A notre avis la subdivision en deux espèces est justifiée par le fait que leur répartition stratigraphique se différencie nettement. Il est vrai, *Cr. brevis* apparaît presque en même temps que *Cr. intermedia,* mais c'est la dernière qui domine au début. Ensuite *Cr. intermedia* est complètement remplacée par *Cr. brevis,* de sorte que l'on ne retrouve plus de formes allongées à partir d'un certain niveau. Ainsi ce développement nous fournit des critères stratigraphiques très utiles.

Dans le cadre de *Cr. intermedia* il y a encore une forme qui est spécialement intéressante du point de vue stratigraphique :

Crassicollaria aff. *intermedia* (D.-D.) (fig. 17 *l-p*).

Diagnose. — Logette assez courte et « trapue », subcylindrique ; renflement sous le collier oral très peu marqué, le col ne possède pratiquement pas de portion basale cylindrique, c'est plutôt un rétrécissement qui est directement suivi d'un infléchissement brusque, presque rectangulaire du col vers l'extérieur. Terminaison aborale conique, prolongée en un appendice caudal.

Répartition stratigraphique : Base du Tithonique sup.

Dimensions : Longueur 74 à 85 µ, largeur 45 à 49 µ.

A plusieurs égards cette forme prend une position très intéressante. Bien qu'elle ne puisse être considérée comme terme de passage entre *Cr. intermedia* et *Cr. brevis* à cause de son allure cylindrique, elle pourrait néanmoins présenter l'origine de ces deux espèces et d'autant plus si l'on tient compte de sa position stratigraphique. D'autre part elle se rapproche de *T. carpathica* (qui est représentée par de nombreux petits exemplaires dans ces assises) par la configuration du col. Les sections obliques qui prennent un aspect elliptique sont souvent très difficiles à distinguer des petites *T. carpathica.* Malheureusement les couches à la transition du Tithonique inférieur au Tithonique supérieur sont incomplètes dans la fosse vocontienne, de sorte qu'il nous est impossible de poursuivre le développement ultérieur de façon détaillée.

Crassicollaria parvula Remane 1962 (Pl. III, fig. 1-16 ; Pl. V, fig. 8-9).

Diagnose. — Logette elliptique en section longitudinale ; terminaison aborale ogivale mais très vraisemblablement sans appendice caudal. Renflement sous le collier oral très peu accentué ; col droit ou très légèrement divergent, la transition du col à la coque se fait par une ligne très douce.

Répartition stratigraphique : Tithonique terminal et Berriasien basal.

Mesures corrigées de l'holotype : Longueur totale 72 μ, largeur 41 μ, ouverture 26 μ.

La fig. 10 démontre la variabilité géométrique de l'holotype légèrement idéalisé. Dans la fig. 11 nous avons rassemblé quelques sections qui doivent être considérées comme coupes obliques de *Cr. parvula* à

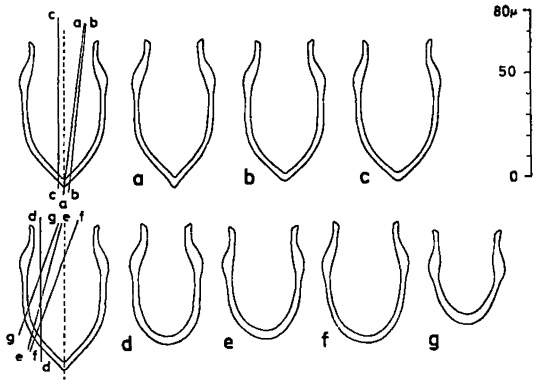


Fig. 10. — Variabilité géométrique de l'holotype légèrement idéalisé de *Crassicollaria parvula* Rem.

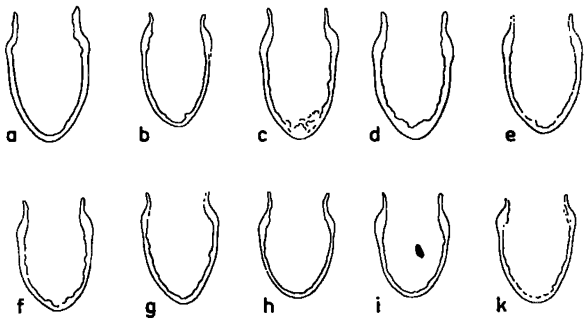


Fig. 11. — Sections plus ou moins obliques de *Crassicollaria parvula* qui peuvent encore être déterminées grâce à la configuration caractéristique du col.

Provenance : *a,* Sp 2; *b, i-k,* Se 17; *c,* Se 39; *d,* Se 36; *e-h,* Se 16. Même grossissement que la fig. 10.

cause de la configuration du col. Mais si la conservation est mauvaise, leur distinction de petites *C. alpina* peut devenir difficile.

Cr. parvula est voisine de *Cr. massutiniana,* mais chez la dernière le renflement en-dessous du col est bien plus marqué. En outre les dimensions de *Cr. massutiniana* sont nettement supérieures à celles de *Cr. parvula,* il n'y a pas de transition entre les deux espèces qui serait prouvée par des coupes certainement longitudinales. Enfin les deux formes se différencient par leur répartition stratigraphique : il n'y a plus de représentants caractéristiques de *Cr. massutiniana* dans le Tithonique terminal.

A l'apparition de *Cr. parvula* on observe aussi des formes plus allongées à collier oral un peu divergent (Pl. III, fig. 14-16) que nous classons encore dans cette espèce.

Crassicollaria massutiniana (Colom) 1948 (Pl. III, fig. 17-40 ; Pl. V, fig. 10).

Diagnose. — Logette en section longitudinale plus ou moins elliptique, en général assez large, mais parfois très allongée. Extrémité aborale conique, pourtant sans appendice caudal, ou arrondie (?) chez d'autres formes. Collier oral droit, très rarement un peu divergent. Renflement en dessous du col le plus souvent très marqué, surtout dans les formes larges ; creux ou massif suivant le degré de recristallisation.

Répartition stratigraphique : Partie inférieure et surtout moyenne du Tithonique supérieur.

La diagnose un peu vague traduit l'hétérogénéité de cette espèce. Il y a peut-être une variété assez large, à extrémité aborale conique (Pl. III, fig. 18-22) et une autre, plus allongée, à terminaison aborale

arrondie. Mais les sections de ce dernier type sont bien rares, de sorte qu'une subdivision logique du groupe *Cr. massutiniana* n'est pas encore possible. Nous préférons donc classer toutes les formes figurantes sur la Pl. III, fig. 17-40, dans cette espèce. Notons seulement qu'il y a un groupe principal, bien défini par de nombreuses coupes médianes (Pl. III, fig. 18-22), dont la variabilité géométrique (v. fig. 12) ne suffit cependant pas pour expliquer toutes les sections que l'on observe dans les lames minces. Ce groupe principal correspond bien au type de *Cr. massutiniana*

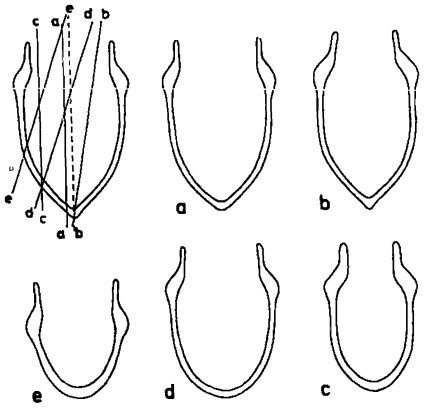


Fig. 12. — Variabilité géométrique d'un représentant caractéristique de *Crassicollaria massutiniana* (Col.). Même grossissement que la fig. 10.

figuré par COLOM 1948 (v. Pl. III, fig. 17). La longueur de la logette y varie entre 80 et 97 μ, la largeur entre 53 et 59 μ, et l'ouverture de 36 à 41 μ.

Selon la description de COLOM [19, 20], le renflement sous le col serait creux chez *Cr. massutiniana*. Nous avons déjà montré plus haut que les caractères de la délimitation interne de la lorica n'ont pas de valeur systématique à cause de la recristallisation du test. Ceci est encore affirmé par l'observation d'exemplaires où le renflement est creux d'un côté et massif de l'autre (Pl. III, fig. 27). De plus, on trouve aussi des formes à renflement creux dans d'autres espèces du genre *Crassicollaria* (fig. 13). Il paraît alors que ce caractère appartient au genre entier, mais qu'il est le plus souvent masqué par la recristallisation du test qui a produit un épaississement secondaire de la paroi.

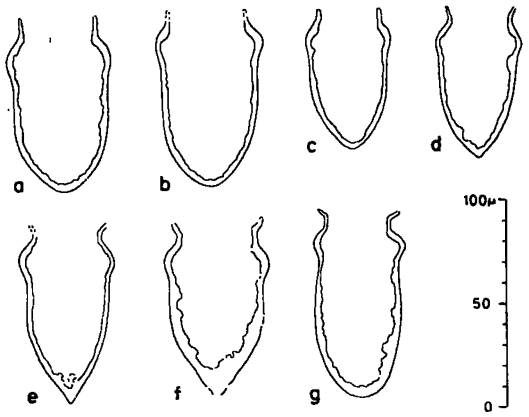


Fig. 13. — Sections de différentes espèces du genre *Crassicollaria* montrant que le renflement creux n'est pas restreint à *Cr. massutiniana* et que ce critère dépend uniquement des conditions de fossilisation.

Cr. massutiniana : a (Se 45) et *b* (Se 44); *Cr. parvula : c d* (Se 43); *Cr. intermedia : e* (Se 44); *f* (SP 14 a) et *g* (Se 47).

Le genre *Tintinnopsella* Colom 1948.

Puisqu'il s'agit dans les assises que nous avons étudiées principalement de *T. carpathica,* nous ne voyons pas la nécessité de procéder à une diagnose générique. Le problème de *T. oblonga* ne sera donc pas abordé ici, nous suivons en ce point l'argumentation de CITA et PASQUARÉ 1959 [12] et l'attribution avec réserves au genre *Tintinnopsella.* Quant à *T. cadischiana* Col. 1948 et *T. ricotensis* Col. 1956, ces deux espèces se différencient nettement des autres représentants du genre *Tintinnopsella* par la configuration du col, mais le matériel dont nous disposons ne suffit pas pour décider s'il serait utile de les en séparer.

Tintinnopsella carpathica (Murgeanu et Filipescu) 1933 (fig. 16 ; fig. 17 *a-e* ; Pl. IV ; Pl. V, fig. 11-12).

Diagnose. — Logette campanulée, en section longitudinale elliptique ou même presque sphérique ; ouverture orale large ; col brusquement infléchi vers l'extérieur d'un angle d'environ 90°. Extrémité aborale munie d'un appendice caudal qui peut devenir très long. Bien qu'il y ait une prolongation caudale, l'allure de la partie aborale de la lorica est en général plutôt hémisphérique (tandis qu'elle est nettement conique chez *Cr. intermedia*).

Répartition stratigraphique : A partir de la base du Tithonique sup.

La variabilité géométrique d'un représentant caractéristique de l'espèce est démontrée par la fig. 14. Toutes les sections à extrémité aborale arrondie peuvent ainsi s'expliquer comme coupes obliques d'une telle forme avec prolongation caudale, même les plus grandes (Pl. IV, fig. 1-5). C'est seulement à des niveaux stratigraphiques plus élevés (Berriasien supérieur ?) qu'apparaissent des logettes très allongées qui ne rentrent

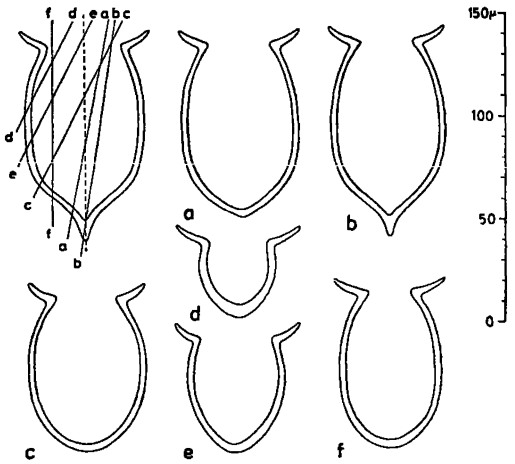


Fig. 14. — Variabilité géométrique d'un représentant typique de *Tintinnopsella carpathica* (M. et F.).

plus dans le cadre de la variabilité géométrique de *T. carpathica,* il s'agit alors de *T. longa* (fig. 15).

Cependant, *T. carpathica* pose encore d'autres problèmes. D'une part, il s'agit d'une espèce très variable, mais bien que le cadre des variations soit sujet à des modifications au cours des temps, une subdivision satisfaisante n'est pas possible. D'autre part, ce sont des problèmes d'ordre stratigraphique, car il s'est montré que *T. carpathica* est parmi les premières Calpionelles qui apparaissent à la base du Tithonique supérieur, alors qu'elle avait été prise jusqu'à présent pour caractéristique du Crétacé inférieur.

Si l'on peut distinguer les formes du Tithonique supérieur de celles du Crétacé inférieur, c'est plutôt grâce à leurs dimensions plus réduites qu'à des critères morphologiques. A la base du Tithonique supérieur on observe ainsi de très petites logettes qui prennent d'ailleurs une position assez importante dans ces faunes (fig. 17 *a-e*). En ce qui concerne le galbe, elles ne se distinguent en rien des formes berriasiennes et aussi

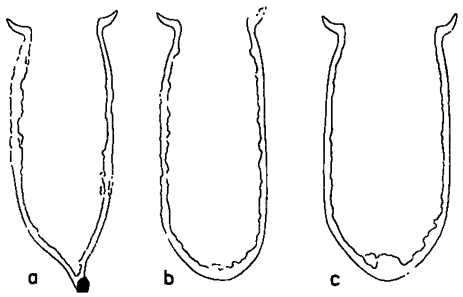


Fig. 15. — *Tintinnopsella longa* Col. (tous Au 1). Même grossissement que la fig. 14.

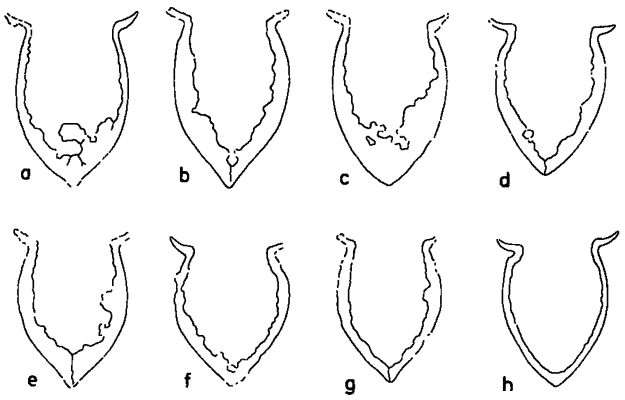


Fig. 16. — Petites formes de *Tintinnopsella carpathica* (M. et F.) dans le Tithonique supérieur.

Provenance : *a*, SP 14 a; *b*, Cr 34; *c*, *g*, Au 15; *d*, Au 18; *e-f*, Au 16; *h*, SP 3. Même grossissement que la fig. 14.

doit-on les attribuer à *T. carpathica*[7]. D'autre part elles sont assez isolées du point de vue stratigraphique, car plus haut dans le Tithonique supérieur, *T. carpathica* devient extrêmement rare, parfois elle paraît même faire défaut.

Dans le Tithonique terminal, *T. carpathica* est toujours représentée par de petits exemplaires, cependant déjà plus typiques en ce qui concerne leurs dimensions (fig. 16) ; ils persistent dans le Berriasien basal (Pl. IV,

[7] On a parfois l'impression que le test est ici constitué de petits prismes plutôt que de fibres radiales, mais étant donné la recristallisation du test, de tels critères sont très incertains.

fig. 23, 24) où l'espèce est redevenue un élément important des faunes de Calpionelles et, peu à peu, les grandes formes bien typiques font leur apparition. En somme, on a l'impression que *T. carpathica* commence à de petites formes peu variables qui représentent à peu près la moyenne morphologique de l'espèce. Elles dominent complètement pendant tout le Tithonique supérieur, et ce n'est qu'à une certaine hauteur au-dessus de la base du Berriasien que l'on trouve la grande variété qui se reflète dans les spécimens dessinés sur la Pl. IV.

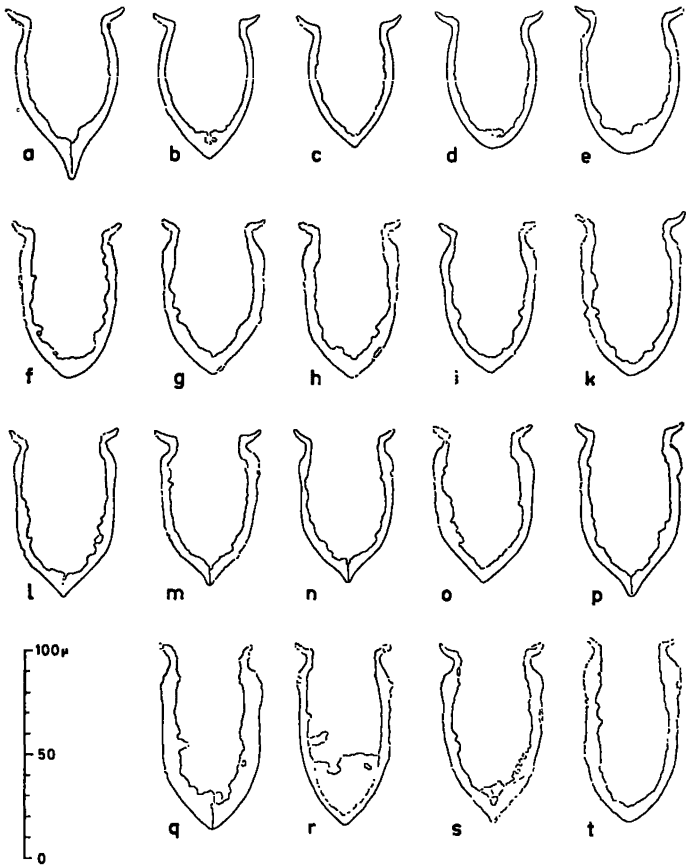


Fig. 17. — Association de l'échantillon SP 18b.

a e, Tintinnopsella carpathica (M. et F.); *d* et *e* sont des sections un peu obliques; *fetk,* sections d'attribution incertaine; *g-i, Crassicollaria* aff. *intermedia* (D.-D.), coupes qui passent près du plan médian; *l-p, Crassicollaria* aff. *intermedia,* sections typiques; *q-t, Crassicollaria intermedia* (D.-D.).

DEUXIEME PARTIE

STRATIGRAPHIE

Les successions d'assises sont figurées sur la Pl. VI ; ici nous nous bornerons de noter surtout les quelques détails qui ne ressortent pas des dessins.

A) Brève description des coupes-clé de la stratigraphie.

1) *La coupe de Serres (Hautes-Alpes) : Se.*

Localité. — A 4 km à l'W de Serres, à la sortie W de la cluse de Serres, sur la route Serres-Montclus (N. 94), côté Sud.

SUCCESSION D'ASSISES

Berriasien.

On observe les alternances habituelles de marnes et de marno-calcaires. Ces derniers varient du gris au gris-brunâtre, tacheté de gris foncé. Il y a deux intercalations clastiques : La supérieure (a) présente une brèche calcaire d'épaisseur variable dont les éléments (assez bien arrondis) atteignent un diamètre d'environ 2 cm; on y trouve des galets tithoniques. L'autre (b) est formée de deux bancs, le supérieur est un calcaire pseudoolithique à stratification interne très nette (il paraît qu'une partie du matériel vient du Tithonique supérieur), et l'inférieur est une microbrèche calcaire. Les conditions de dépôt de ces deux niveaux clastiques sont incertaines, mais il est bien possible qu'il s'agisse de brèches resédimentées par des courants de turbidité.

Entre le Tithonique et le Berriasien, il s'intercale une série glissée (il s'agit d'un glissement sous-marin) à stratification contournée.

Tithonique.

1) 24 m de calcaire lithographique blanc-jaunâtre en petits lits de 10 à 20 cm d'épaisseur. Il y a deux minces intercalations de microbrèche calcaire (a, b) dans la partie supérieure qui sont très vraisemblablement

resédimentées. Vers la base cette série devient massive, parfois on a l'impression de bancs contournés. Le tiers inférieur est sans doute un dépôt de courant de turbidité : on observe de rares éléments bréchiques qui « flottent » dans le ciment de calcaire vaseux. Une subdivision de ce paquet n'est guère possible parce que les éléments ont pratiquement la même teinte que le ciment, et sur le terrain on ne les voit que très péniblement. — Directement à la base la stratification réapparaît mais, là aussi, il y a des brèches de resédimentation qui s'intercalent.

2) 3,5 m de calcaire vaseux gris clair, très compact et très homogène. Des bancs massifs de 30 à 50 cm d'épaisseur alternent avec des séries de petits lits irréguliers.

3) 1 m : Deux bancs bréchiques, dont l'inférieur est constitué d'éléments très serrés tandis que l'autre montre des galets épars dans un ciment pseudoolithique.

2) *La coupe du Rocher de Charminelle (Chartreuse) : Cr.*

Localité. — Près du sentier qui mène de l'ancien couvent de Chaleis à Charminelle; dans le carroyage kilométrique de la Carte de France au 1/50 000e (feuille XXXII-34, Grenoble), le point du lever se trouve à 1 cm au S du point 863/340.

SUCCESSION D'ASSISES :

Berriasien.

Alternances de marnes et de marno-calcaires gris foncé, parfois légèrement bitumineux. Les bancs calcaires peuvent être très durs (Cr 1, 2), on y voit alors des débris zoogènes fins dispersés dans la roche. Dans la partie inférieure les transitions des marnes aux marno-calcaires sont très graduelles, de sorte que l'on n'arrive pas à distinguer de nettes alternances.

Tithonique.

Calcaires en gros bancs, durs, de teinte blanc-jaunâtre, visibles sur environ 20 m. Il ne s'agit pourtant pas de calcaires lithographiques tout tout à fait typiques. Au microscope on voit que ce sont encore bien des calcaires pélagiques, mais l'influence néritique est incontestable. La structure du sédiment est souvent un peu hétérogène, le grain est moins fin et l'on observe toujours une certaine proportion de débris zoogènes très fins. Le Tithonique se termine par un banc massif de calcaire pseudoolithique à débris; peu en dessous il y a deux niveaux dolomitisés.

3) *La coupe du Chevallon (Isère) : Ch.*

Localité. — Le Tithonique est visible au bord de la petite route qui monte derrière (à l'E) l'usine de ciment du Chevallon. Le Berrasien n'y affleure que sur environ 2 m, mais il est plus complet dans la carrière abandonnée directement en dessus de l'usine de ciment.

SUCCESSION D'ASSISES :

Berriasien.

Alternances de marnes et de marno-calcaires gris foncé.

Tithonique.

1) 2,1 m : Banc massif d'une brèche calcaire polygénique qui est assez hétérogène : par endroits on ne voit point de galets, il s'agit alors plutôt d'un calcaire pseudoolithique à traînées bréchiques. Ce dépôt doit très vraisemblablement son origine à un courant de turbidité [8].

2) 1,3 m de calcaire légèrement marneux, gris foncé, disposé en petits bancs irréguliers, presque rognonneux, qui sont séparés par de minces délits marneux. Au microscope on voit qu'il s'agit d'un dépôt extrêmement fin et presque azoïque.

3) 21,5 m de calcaire lithographique en gros bancs, dur, blanc-jaunâtre. A côté de quelques légères dolomitisations locales, on observe trois bancs de sable dolomitique à ciment calcaire (a, b) dont les deux inférieurs (b) contiennent de gros rognons de silex impur.

4) 1,9 m de calcaire pseudoolithique à débris zoogènes fins [8].

5) Calcaire lithographique blanc-jaunâtre comme 3, à 14 m du toit la série est coupée par une zone tectonisée.

Le microfaciès des calcaires lithographiques rappelle beaucoup les conditions du Rocher de Charminelle.

4) *La coupe de Saint-Pancrasse (Isère) : SP.*

Localité. — Au bord de la route (D. 90) qui monte des Eymes à Saint-Pancrasse. Le Tithonique supérieur affleure le long du tronçon abandonnée de la route qui est coupée par le dernier tunnel avant le Plateau de Saint-Pancrasse.

---

[8] Pour une description plus détaillée, v. REMANE, 1960 [70].

SUCCESSION D'ASSISES :

Berriasien.

Alternances de marnes et de marno-calcaires gris foncé.

Tithonique.

1) 3,4 m de calcaire lithographique blanc-jaunâtre tout à fait typique, disposé en gros bancs.

2) 1,9 m : Banc massif d'une brèche calcaire polygénique, au toit 5 à 10 cm de calcaire lithographique blanc-jaunâtre.

3) 0,5 m de calcaire vaseux allant du gris au gris foncé, très homogène.

4) 6,0 m de calcaire lithographique blanc-jaunâtre en gros bancs, la moitié inférieure est plutôt massive. Au milieu il y a un petit banc de calcaire vaseux gris (a).

5) Env. 4,6 m : Complexe massif dans lequel on discerne trois niveaux de brèches resédimentées à éléments de calcaire lithographique extrêmement serrés, le ciment est de calcaire vaseux. Entre les venues clastiques il s'intercale deux niveaux de calcaire lithographique blanc-jaunâtre légèrement tacheté de gris ou de roux.

6) 1,3 m : Banc massif de calcaire lithographique blanc-jaunâtre.

7) 1,3 m : Calcaire vaseux de teinte beige clair, tacheté de gris. Au milieu, il y a une mince intercalation de brèche calcaire, très vraisemblablement déposée par un courant de turbidité.

8) 0,9 m de brèche calcaire (resédimentée) avec un graded bedding très net.

9) 0,5 m : Calcaire vaseux gris foncé en petites plaquettes irrégulières, séparées par de minces délits marneux.

Le microfaciès des calcaires lithographiques témoigne de conditions de dépôt bien plus tranquilles qu'au Chevallon et au Rocher de Charminelle [70].

5) *La coupe de la Clue de Vergons (Basses-Alpes) : CV.*

Localité. — Au bord de la RN 207, à environ 1 km à l'E de Saint-Julien-du-Verdon, à 200 m à l'E du tunnel routier.

SUCCESSION D'ASSISES :

La série est coupée par plusieurs failles. La section que nous avons surtout étudiée appartient d'après les Calpionelles déjà au Berriasien.

C'est pourtant un Berriasien très calcaire. On voit de gros bancs d'un calcaire lithographique jaunâtre légèrement marneux, séparés par de minces intercalations marneuses qui ne dépassent guère 10 cm d'épaisseur.

6) *La coupe de l'Auzon près de Vogüé (Ardèche) : Au.*

Localité. — Lit de l'Auzon, à environ 150 m au NE de la gare de Vogüé et à 100 à 200 m au S du pont du chemin de fer sur l'Auzon.

SUCCESSION D'ASSISES :

La limite Jurassique - Crétacé n'est pas visible ici, mais l'ensemble couvert par la végétation ne devrait guère dépasser 10 m d'épaisseur.

La coupe du Tithonique, quoique continue, a dû être divisée en deux sections. Le pendage des assises est ici très faible, et dans les calcaires massifs du niveau 4 il n'y a pas de niveau-répère qui permettrait de faire le raccord sur de plus grandes distances horizontales. D'après les Calpionelles il ne peut guère y avoir de lacune entre les deux sections.

Berriasien.

Alternances de marnes et de marno-calcaires gris, les bancs marno-calcaires montrent parfois une tendance à devenir rognonneux. Près du sommet de la série il y a un poudingue calcaire à éléments bien arrondis. Cette assise traduit une phase de remaniement, car dans les faunes de Calpionelles on observe un hiatus notable.

Tithonique.

1) Vis. sur 0,7 m : Brèche calcaire à éléments assez bien arrondis dans un ciment pseudoolithique.

2) 4,3 m de calcaire lithographique blanc-jaunâtre, disposé en petits bancs irréguliers; le litage n'est pas très net.

3) 0,5 m de brèche calcaire à éléments irréguliers. Il est possible qu'il s'agisse d'une brèche intraformationnelle.

4) Au moins 14 m : Série massive de calcaire lithographique blanc-jaunâtre disposé en petites plaquettes irrégulières, qui se dégagent par l'altération pour donner des fragments anguleux très caractéristiques. Dans la partie inférieure, on voit par endroit des calcaires tachetés de gris.

5) Puissante série de calcaires lithographiques blancs légèrement grisâtres tachetés de gris, très bien et très régulièrement lités (bancs de 20 à 30 cm d'épaisseur). — A 4 m du toit on trouve un banc finement bréchique d'une puissance de 20 cm.

B) La méthode de l'évaluation statistique des faunes de Calpionelles.

Nous avons déjà signalé plus haut que l'étendue verticale de certaines espèces de Calpionelles est assez considérable. Les renseignements stratigraphiques que l'on peut tirer de la seule présence ou absence d'une telle forme ne sont pas très précis. Si au contraire on tient compte de l'ensemble d'une faune et des fréquences relatives des diverses espèces qui la composent, on arrive à faire des subdivisions beaucoup plus détaillées. Théoriquement, cela paraît très simple : il n'y a qu'à compter et à déterminer un certain nombre d'individus dans une faune (de préférence environ 250) pour évaluer les pourcentages des différentes espèces. Mais justement la détermination des espèces se heurte à de sérieuses difficultés, puisque nous n'avons que les coupes dans les lames minces.

On pourrait envisager de baser l'évaluation statistique uniquement sur les coupes certainement longitudinales. Mais, les sections longitudinales sont souvent trop rares, et ensuite il n'est point possible de reconnaître toutes les coupes médianes des espèces qui ont l'extrémité aborale arrondie (ex. *C. alpina* et *C. elliptica*). En d'autres termes, les fréquences réelles des différentes espèces sont impossibles à déterminer. Cela n'empêche cependant pas qu'on peut donner des chiffres exacts et objectifs. Mais comme les possibilités de reconnaître les formes des logettes d'après leurs coupes ne sont pas égales, il faut adopter des mesures différentes pour les diverses espèces. On obtient ainsi des valeurs de fréquence qui ne correspondent pas aux fréquences réelles et qui ne sont pas non plus comparables entre elles à cet égard parce que les relations entre la fréquence apparente telle que nous allons la définir et la fréquence réelle varient suivant les espèces.

Il n'en est pas de même pour les genres. Puisque les trois genres *Calpionella, Crassicollaria* et *Tintinnopsella* auxquels nous avons à faire au passage Jurassique - Crétacé se différencient bien par la configuration du collier oral, nous sommes capables de déterminer l'attribution générique de toutes les coupes — même obliques — qui passent encore par l'ouverture. De plus on peut évaluer les fréquences réelles des genres de façon très exacte.

L'évaluation statistique des faunes de Calpionelles se fait donc en deux étapes : D'abord par le calcul des fréquences relatives des divers genres et ensuite par la détermination des fréquences apparentes des différentes espèces. Dans les diagrammes de la Pl. VI, à l'intérieur des champs traduisant la fréquence relative des divers genres, apparaissent ainsi les fréquences apparentes des différentes espèces. Ces dernières sont, elles aussi, calculées sur le total de la faune. Chaque espèce y est caracté-

risée par sa signature propre, tandis que les sections qui ne permettaient qu'une détermination générique sont laissées en blanc.

La définition de la fréquence apparente pour une certaine espèce donnée dépend des possibilités d'une détermination exacte des sections longitudinales et en plus de considérations pratiques. Pour les espèces en question, nous nous proposons de procéder de la manière suivante :

1) *Calpionella alpina* et *C. elliptica.*

Rappelons que les sections longitudinales ne peuvent être déterminées morphologiquement et qu'il se produit une transition tout à fait graduelle entre les deux espèces par les coupes obliques de *C. elliptica.* D'autre part nous avons vu que le rapport longueur/largeur de *C. alpina* doit être inférieur à 1,3 (v. fig. 6). Aussi avons-nous attribué dans nos évaluations statistiques *toutes les sections* en dessous de cet index à *C. alpina.* Pour des raisons pratiques il paraît cependant préférable d'établir une « zone indifférente » entre les deux espèces, comprenant les coupes dont le rapport longueur/largeur varie entre 1,25 et 1,35 environ. Ces sections ont été désignées par nous comme « *Calpionella* sp. » et celles, en dessus de 1,35, comme *Calpionella elliptica.*

Ainsi parmi les coupes figurant à la Pl. I, les fig. 1-21 et 24 correspondent à *C. alpina,* les fig. 27 et 32-43 à *C. elliptica* et les fig. 22, 23, 25 et 26 à « *Calpionella* sp. ». Cette subdivision est certainement très schématique et ne tient pas compte des fréquences réelles, mais elle permet de donner des valeurs objectives, susceptibles d'être vérifiées par tous les observateurs.

2) *Crassicollaria intermedia* et *Cr. brevis.*

Ici nous sommes capables de reconnaître les coupes longitudinales et même celles qui s'éloignent déjà un peu du plan médian parce que l'extrémité aborale de la lorica est conique. Des sections comme les fig. 8 *a-c* et 9 *a-c* peuvent alors être déterminées avec une certitude absolue. En principe, même des coupes allongées à terminaison arrondie telles que la fig. 9 *d* et *g* sont encore attribuables à *Cr. intermedia,* mais dans le cas de ces deux espèces il paraît préférable d'adopter une définition plus stricte et de réserver la désignation spécifique aux coupes qui montrent encore l'extrémité aborale pointue. On obtient ainsi pour les deux espèces des valeurs de fréquence qui sont rigoureusement comparables, de sorte qu'on peut poursuivre de façon exacte la manière dont *Cr. intermedia* est supplantée par *Cr. brevis.* Toutes les coupes à extrémité aborale arrondie telles que les fig. 8 *d-g* et les fig. 9 *d-g* sont désignées comme « *Crassicollaria* sp. ».

3) *Crassicollaria massutiniana.*

Cette forme ne possède pas le col infléchi vers l'extérieur comme *Cr. intermedia* et *Cr. brevis,* de sorte que les sections obliques, elles aussi, peuvent être distinguées de celles des deux autres espèces. C'est seule la délimitation de *Cr. parvula* qui présente certaines difficultés. Mais en général les coupes marginales de *Cr. massutiniana* qui se rapprochent de *Cr. parvula* dans leurs dimensions s'en différencient pourtant par le renflement en dessous du col plus accentué. En outre les deux espèces n'ont pas la même répartition stratigraphique. Nous avons donc désigné toutes les sections qui montrent la configuration du col et le renflement caractéristiques comme *Cr. massutiniana.*

4) *Crassicollaria parvula.*

Dans cette espèce les coupes longitudinales sont caractérisées par l'extrémité aborale pointue. Dans toutes les successions que nous avons étudiées il s'est pourtant montré que *Cr. parvula* seule persiste dans le Tithonique terminal, jamais on n'observe dans les lames minces des coupes qui traduiraient la présence d'autres espèces du genre *Crassicollaria.* Aussi paraît-il illogique de désigner les sections qui ne montrent pas l'extrémité aborale pointue comme « *Crassicollaria* sp. ».

Dans les diagrammes de la Pl. VI, les valeurs de fréquence de *Cr. intermedia* et de *Cr. brevis* sont alors comparables entre elles parce que les déterminations spécifiques suivent les mêmes principes. Si l'on veut cependant faire la comparaison avec *Cr. massutiniana* et *Cr. parvula* (qui sont, elles aussi, comparables entre elles), il faut tenir compte du fait que nous y avons adopté une définition moins stricte de sorte que les fréquences de ces deux dernières espèces sont exagérées par rapport à celles de *Cr. intermedia* et *Cr. brevis.* La désignation « *Crassicollaria* sp. » s'applique surtout aux coupes obliques de *Cr. brevis* et *Cr. intermedia* et à quelques exemplaires d'attribution spécifique douteuse (à cause de l'état de conservation par exemple).

5) *Tintinnopsella carpathica.*

Ici nous sommes à peu près dans la même situation que dans le cas de *Cr. parvula.* La seule espèce dont les coupes obliques peuvent être confondues avec celles de *T. carpathica* est *T. longa,* mais rien n'indique sa présence dans les assises que nous avons étudiées, cette espèce n'apparaît qu'au Berriasien supérieur ou Valanginien (le seul échantillon où nous avons trouvé des *T. longa* est Au 1, dont la position stratigraphique est nettement plus élevée que celle des couches sousjacentes). Aussi

avons-nous attribué à *T. carpathica* toutes les sections qui rentrent dans le cadre de la variabilité apparente de cette espèce ainsi qu'il résulte de la fig. 14.

6) *Tintinnopsella cadischiana.*

Cette espèce est bien caractérisée par la configuration du collier oral, de sorte qu'on peut aussi déterminer les coupes obliques. Nous n'avons alors pas tenu compte de *T. ricotensis* Col. 1956 [22] qui ne se distingue de *T. cadischiana* que par un rétrécissement à mi-hauteur de la lorica. L'existence de cette espèce ne paraît pas encore bien fondée, car le rétrécissement peut bien résulter d'une déformation.

C. La succession des faunes de Calpionelles et les zones stratigraphiques qui en résultent.

Les détails de la succession des faunes ressortent des diagrammes de la Pl. VI, aussi ne décrirons-nous ici que les traits généraux. Bien que les coupes que nous avons étudiées s'éloignent souvent de plus de 100 km les unes des autres, la succession des faunes montre de parallèles étonnants, ce qui met bien en lumière la grande importance des Calpionelles pour la stratigraphie.

Dans la coupe de Serres, les premières Calpionelles s'observent dans des dépôts resédimentés, mais dans celles du Chevallon et de l'Auzon leur apparition est bien visible dans des couches autochthones. A Saint-Pancrasse nous rencontrons la même situation qu'à Serres, mais ici les dépôts secondaires sont moins épais, de sorte que l'on retrouve encore l'association initiale dans le niveau susjacent (SP 18b). On y voit la faune qui est illustrée par la fig. 17. Elle est constituée de deux espèces seulement et les Calpionelles y sont encore assez rares. Ce sont d'une part de très petites *T. carpathica* (fig. 17 *a-e*) et d'autre part des *Cr. intermedia,* surtout représentée par la forme que nous avons décrite plus haut comme *Cr.* aff. *intermedia* (fig. 17 *g-k, l-p*). *C. alpina* fait complètement défaut.

Malheureusement nous n'avons pu poursuivre de façon continue le développement ultérieur de cette faune si intéressante — à St-Pancrasse et à l'Auzon le changement vers le haut est très brutal, probablement à cause de lacunes dans la série, et au Chevallon où la succession paraît complète la conservation des Calpionelles est trop mauvaise pour une étude morphologique détaillée.

Cette faune initiale montre plusieurs traits intéressants. A côté de la rareté des Calpionelles, c'est leur taille encore bien réduite par rapport

aux formes ultérieures et la présence, en *Cr.* aff. *intermedia,* d'une forme pour ainsi dire indifférente, généralisée, qui pourrait bien représenter la racine du genre *Crassicollaria.* Il semble alors que ce sont vraiment les premières Calpionelles que nous trouvons ici [27] et que leur apparition traduit un développement phylogénique et non un changement des conditions de vie qui aurait permis aux Calpionelles de s'installer dans la fosse vocontienne. On n'y observe d'ailleurs pas la moindre variation des faciès, et les autres organismes n'indiquent en rien un changement des conditions biologiques. Les Radiolaires et *Globochaete* dépassent cette limite de façon invariée et la disparition de *Saccocoma* ne se fait que peu après l'apparition des Calpionelles. En outre l'existence d'une faune à formes généralisées à la limite Tithonique moyen-supérieur paraît confirmée par les recherches de DOBEN [27] dans les Alpes bavaroises.

L'association suivante (à peu près aux niveaux des échantillons Se 47, Cr 37-35, Ch 34-30, AU 4, 5 ?) est caractérisée par la prédominance de *Cr. intermedia* qui atteint ici la plus grande variabilité (mais on ne voit plus de *Cr.* aff. *intermedia*). *Cr. brevis* est déjà là, mais encore très rarement; la présence de *Cr. massutiniana* n'est pas tout à fait certaine. De plus on trouve de très grandes *C. alpina* [27] (encore assez rares). *T. carpathica* est pratiquement sans importance.

Ensuite, *Cr. intermedia* se fait plus rare, sa variabilité diminue et elle est progressivement supplantée par *Cr. brevis* (Se 45, Cr 34, Ch 28, SP 18, AU 7). C'est surtout ici que l'on rencontre des formes de transition entre les deux espèces. Autrement il n'y a pas de changements.

Peu après, la fréquence de *Cr. brevis* atteint un maximum (Cr 32-31, Ch 26-19, AU 8-9), tandis que *Cr. intermedia* a presque disparu. Il paraît qu'il n'y a plus de *T. carpathica.*

L'épanouissement de *Cr. brevis* est suivi de près par celui de *Cr. massutiniana* (Se 44, Cr 31-30, Ch 17-16, AU 10-11) et en même temps on observe les premières *Cr. parvula,* encore rares.

Jusqu'alors c'était toujours le genre *Crassicollaria* qui donnait son cachet à la faune, mais à partir d'un certain niveau (Se 43, Cr 29 ? Ch 14-12, SP 12-11, AU 12) l'assemblage change profondément. *C. alpina* arrive nettement au premier plan, et simultanément les grandes formes sont remplacées par d'autres, plus petites; on assiste alors à la première apparition éphémère de *C. elliptica* (v. plus haut). *Cr. massutiniana* et *Cr. intermedia* disparaissent complètement, *Cr. brevis* persiste encore pour quelque temps mais est devenue très rare. Par contre on retrouve de rares exemplaires de *T. carpathica* (Cr 30, Ch 16, SP 12, AU 11).

A la disparition des autres espèces du genre *Crassicollaria, Cr. parvula* devient assez fréquente pour une certaine durée, mais ensuite elle est littéralement écrasée par le développement massif de *C. alpina* dont la fréquence augmente rapidement pour arriver par endroits jusqu'à plus

de 80 % du total de la faune. Peu après on observe cependant une récurrence de *Cr. parvula* (Se 41, Cr 27-25, Ch 8-2, SP 9,8 ?). Il se constitue ainsi l'association caractéristique du passage Jurassique - Crétacé dont la plupart sont de petites *C. alpina.* Puis on observe des *Cr. parvula,* nettement moins nombreuses (la récurrence dont nous venons de parler est assez limitée stratigraphiquement) et de petites formes de *T. carpathica.* Vers le Berriasien, cette dernière augmente peu à peu d'importance [29]; il n'y a pas de coupure nette dans les faunes de Calpionelles à la limite Jurassique - Crétacé. Dans les faciès plutôt marginaux de la fosse vocontienne, il est vrai que le début du Berriasien paraît marqué par l'apparition soudaine (et définitive) de *T. carpathica,* mais ce phénomène s'explique par la présence d'une lacune. Au centre de la fosse vocontienne, dès Saint-Pancrasse, et en Ardèche, où les séries sont plus complètes, on voit qu'il n'en est point ainsi. *T. carpathica* existe constamment dans le Tithonique terminal, bien qu'elle soit rare, et n'augmente que très lentement de fréquence au passage Tithonique - Berriasien. Ce fait a aussi été observé par DUFAURE 1958 [29] dans les Baronnies.

C'est seulement à une certaine hauteur au-dessus de la base du Berriasien (Se 10-8, CV 57-55, Au 9-8) qu'il y a un véritable changement de faune, caractérisé par l'épanouissement rapide de *T. carpathica* qui devient alors très fréquente et très variée; on trouve de nombreuses grandes formes. *C. alpina* diminue, tandis que *C. elliptica* et *T. cadischiana* apparaissent de façon notoire et deviennent un élément caractéristique (quoique assez rare) de la faune. Quant à *Cr. parvula,* il est très difficile de fixer la limite supérieure de cette espèce. Dans le Berriasien basal on retrouve encore des sections bien typiques, mais plus haut il n'y a que de rares coupes de détermination moins facile; on ne voit pas bien s'il s'agit de petites *C. alpina* (ou de sections obliques de *C. elliptica*) mal conservées ou des dernières *Cr. parvula,* déjà atypiques.

C'est jusqu'à ce point que nous avons poursuivi le développement des Calpionelles d'une façon détaillée. D'après quelques échantillons de niveaux plus élevés on peut toutefois constater que la composition des faunes se modifie ultérieurement par l'apparition de *Tintinnopsella* (?) *oblonga* [12] et de *Tintinnopsella longa* (Au 1). Jamais nous n'avons trouvé *Calpionellites darderi* dans le Berrasien, cela confirme l'observation de FERASIN et RIGATO 1956 [36] que cette espèce n'apparaît que beaucoup plus tard.

La succession de faunes que nous venons de décrire s'observe de la même façon jusque dans les détails dans toutes les coupes que nous avons étudiées. Les divergences ne sont que superficielles, elles s'expliquent par l'épaisseur variable du Tithonique supérieur dans la fosse vocontienne (avec le maximum de puissance au talus continental, au Cheval-

lon) et par le fait qu'il y a une lacune notable entre le Jurassique et le Crétacé dans les faciès marginaux.

Ainsi l'étendue verticale des différentes faunes, exprimée en mètres, varie d'un point à l'autre, les proportions se modifient, mais la succession des faunes reste invariable. Si l'on veut traduire ce développement en unités stratigraphiques il y a deux subdivisions qui s'imposent à première vue sans qu'il faille recourir à une évaluation statistique des faunes : au début du Tithonique supérieur, le genre *Crassicollaria* domine nettement, mais dans le Tithonique terminal il est remplacé par le genre *Calpionella* (surtout *C. alpina*), qui à son tour est supplanté par *Tintinnopsella* dans le Berriasien; ce sont de véritables révolutions dans les faunes de Calpionelles. Nous pouvons ainsi définir trois zones stratigraphiques :

ZONE A (*Crassicollaria*).

Caractérisée par la primauté du genre *Crassicollaria*. La base de cette zone est définie par l'apparition initiale des Calpionelles, la limite supérieure par le premier développement massif de *Calpionella alpina* (v. Pl. VI). Espèces caractéristiques : *Crassicollaria intermedia, Cr. brevis, Cr. massutiniana.*

ZONE B (*Calpionella*).

Caractérisée par la prédominance du genre *Calpionella*. Espèces caractéristiques : *Calpionella alpina, Crassicollaria parvula.* Nous avons identifié la limite inférieure de cette zone avec la première apparition massive de *C. alpina,* parce que c'est à ce niveau que se constitue l'association caractéristique du passage Jurassique - Crétacé (*C. alpina, Cr. parvula* et de petites *Tintinnopsella carpathica*). La récurrence de *Cr. parvula,* déjà décrite plus haut, se place ainsi à l'intérieur de la Zone B, bien que l'on ait ici une récession assez marquée de *C. alpina* (Se 41, Cr 26 et surtout Ch 6-5). La limite supérieure de cette zone est donné par l'épanouissement de *T. carpathica.*

ZONE C (*Tintinnopsella*).

Caractérisée par la prédominance du genre *Tintinnopsella*. Espèces caractéristiques : *Tintinnopsella carpathica, Calpionella elliptica* et *Tintinnopsella cadischiana.* La limite supérieure de cette zone n'est pas encore bien définie; provisoirement, on pourrait l'identifier avec l'apparition de *Tintinnopsella* (?) *oblonga.*

Nous avions déjà dit plus haut que la distinction des zones se fait pour ainsi dire au premier coup d'œil. Par une évaluation statistique des faunes on peut encore préciser davantage, tout au moins dans la Zone A. Puisqu'il s'agit ici de variations qui n'intéressent que les espèces du même genre sans que la fréquence de tout le genre en soit affectée, nous accordons la valeur de sous-zones à ces unités. Pour les sous-zones, il n'y a pas d'espèces rigoureusement caractéristiques, elles sont plutôt définies par la prédominance d'une certaine espèce sur les autres. Nous distinguerons ainsi :

1) *La sous-zone basale* de la Zone A : association de *Crassicollaria* aff. *intermedia,* caractérisée par la fréquence de *Cr.* aff. *intermedia* et des très petites formes de *Tintinnopsella carpathica. Calpionella alpina* n'est pas encore présente.

2) *La sous-zone médiane* de la Zone A : association de *Crassicollaria intermedia — Calpionella alpina,* définie par la prédominance de *Cr. intermedia* et la présence constante de grandes *C. alpina* qui ne deviennent pourtant pas très fréquentes.

3) *La sous-zone supérieure* de la Zone A : association de *Crassicollaria brevis — Cr. massutiniana,* caractérisée par la prédominance de *Cr. brevis* au début et puis de *Cr. massutiniana.* Nous n'avons pas voulu poursuivre notre subdivision parce que les maxima de fréquence de ces deux espèces se suivent de très près et que *Cr. massutiniana* est encore assez mal définie.

Dans les deux autres zones il n'est pas encore possible de distinguer des sous-zones. Il est vrai que les couches basales de la Zone B se différencient assez bien du reste de cette unité, au début par l'apparition éphémère de *C. elliptica* et ensuite par la récurrence de *Cr. parvula.* Il ne paraît pourtant pas utile d'établir dès maintenant des sous-zones, d'une part parce que le problème de l'attribution systématique de ces premières *C. elliptica* n'est pas encore bien résolu et d'autre part qu'il n'y a jusqu'ici pas de moyen de délimiter nettement l'époque de la récurrence de *Cr. parvula :* l'assemblage faunique ne change pas après cette récurrence, ce ne sont que des variations de fréquence, qui sont peut-être même sujettes aux conditions locales.

Finalement nous voudrions encore une fois insister sur le fait que l'on ne peut caractériser la limite Jurassique - Crétacé par les Calpionelles, car à ce niveau il n'y a pas de coupure dans le développement des faunes. On a d'ailleurs presque l'impression qu'il s'agit d'une faune appauvrie dans le Tithonique terminal et le Berriasien basal : On n'observe que trois espèces (*Calpionella alpina, Tintinnopsella carpathica* et *Crassicollaria parvula*) dont les deux premières ne sont représentées que par des formes de taille réduite.

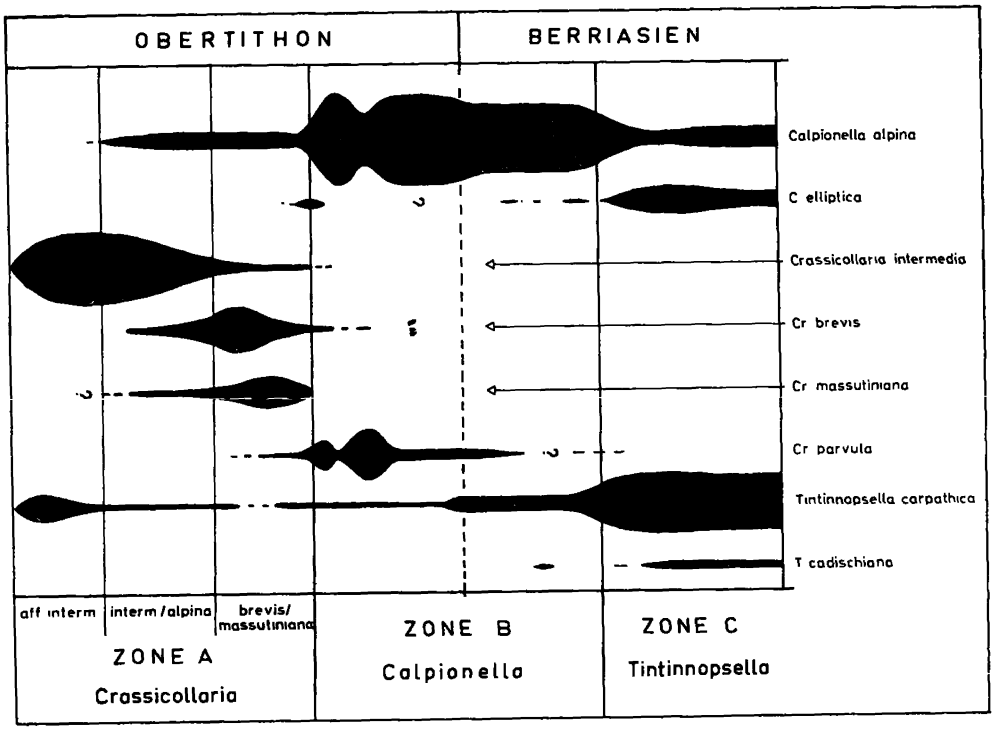


Fig. 18. — Diagramme sur la répartition stratigraphique et la fréquence des diverses espèces de Calpionelles au passage Jurassique - Crétacé. Nous avons essayé d'indiquer d'une façon approximative les fréquences réelles.

RESUME ET CONCLUSIONS

Nous avons vu que la difficulté principale dans l'étude détaillée des faunes de Calpionelles résulte du fait que seules les sections des logettes sont visibles dans les lames minces. De cette façon il ne sera probablement jamais possible de retrouver toutes les espèces qui ont existé et encore moins celles qui étaient assez rares. En outre on ne pourra reconstituer exactement la variabilité réelle de certaines formes (ex. *C. alpina* et *C. elliptica*).

Tout cela n'empêche cependant pas que l'on peut établir un système logique qui n'est pas sujet à une interprétation purement arbitraire des différentes sections que l'on rencontre dans les lames minces. Cette possibilité nous est fournie par le fait de la symétrie axiale des logettes.

Elle nous permet de reconstituer exactement — par des constructions géométriques — quelles sortes de coupes obliques peuvent dériver d'une certaine forme donnée, qui à son tour a été déterminée d'après une section sûrement longitudinale et médiane. Evidemment si une coupe que l'on observe dans la nature paraît identique à une section oblique obtenue par les constructions, cela n'implique pas forcément qu'elle le soit vraiment; c'est encore l'exemple de *C. alpina* et *C. elliptica* qui nous le démontre. Mais dans le cas de ces deux espèces la répartition stratigraphique des sections nous fournit des critères précieux pour leur distinction. On en arrive ainsi, à l'aide du procédé de la construction géométrique de coupes obliques, contrôlé par les données stratigraphiques, à une classification objective des Calpionelles d'après les sections qui rend compte des espèces les plus importantes.

Quant à la statistique des fréquences relatives des différentes espèces, nous nous trouvons en face des mêmes difficultés dans l'interprétation des coupes. Mais là aussi l'on peut adopter une méthode qui permet d'obtenir des valeurs exactes, bien qu'elles ne correspondent pas toujours aux fréquences réelles. Il en résulte la subdivision stratigraphique résumée à la fig. 18. Ici nous avons essayé d'estimer les fréquences réelles pour mieux illustrer le développement des faunes; il va de soi que ces valeurs sont très approximatives. Les trois zones que nous avons proposées se distinguent fondamentalement dans leurs faunes; en ce qui concerne les sous-zones, des recherches plus détaillées permettront sans doute de préciser davantage dans certains cas.

L'utilisation des Calpionelles comme fossiles caractéristiques donne alors de très bons résultats. Pourtant, la mise en parallèle de cette stratigraphie avec les zones d'Ammonites n'est malheureusement guère possible. Tout ce que l'on peut dire pour le moment c'est que la limite Jurassique - Crétacé telle qu'elle a été définie par MAZENOT [58] dans les coupes du Chevallon et d'Aizy, se situe à peu près au milieu de notre Zone B, et que la première apparition des Calpionelles remonte approximativement à la limite Tithonique moyen/supérieur [27]. DONZE 1958 [28] fait mention du Tithonique inférieur daté des environs de Chambéry (« Niveau de la vigne Droguet ») de Radiolaires, de rares Calpionelles et d'assez nombreux fragments de *Saccocoma,* mais personnellement nous n'avons jamais trouvé de Calpionelles à des niveaux où *Saccocoma* était encore fréquente, ni en Chartreuse ni ailleurs. Cela s'accorde très bien avec les observations de VERNIORY 1955 [77] et de FARINACCI et SIRNA 1960 [35] selon lesquelles les Calpionelles n'apparaissent qu'au moment de l'extinction de *Saccocoma.* Cependant, les Fibrosphères ne sont point rares dans le Tithonique inférieur, et ces organismes peuvent très facilement être prises pour des sections transversales de Calpionelles. Sous ce

point de vue il paraît intéressant que DONZE n'indique pas d'espèces pour ses Calpionelles du Tithonique inférieur, mais bien pour celles de la partie basale du Tithonique supérieur où il a observé *C. alpina, C. elliptica* (très vraisemblablement *Cr. intermedia*) et quelques *Saccocoma.*

Selon les observations de DOBEN 1962 [27] dans les Alpes bavaroises, les premières Calpionelles apparaissent à la base de la zone du *Virgatosphinctes transitorius, C. alpina* y est pourtant absente. Notre sous-zone basale (association de *Cr.* aff. *intermedia*) devrait ainsi correspondre à la Zone 1 de DOBEN (caractérisée par l'absence de *C. alpina*) et par conséquent à la zone du *V. transitorius.*

Jusqu'à présent on sait donc très peu de choses sur la parallélisation des zones de Calpionelles et d'Ammonites, mais les possibilités de résoudre ce problème sont plus favorables qu'elles ne le paraissent à première vue. Une fois que les zones de Calpionelles sont bien fondées dans tous les détails, on ne dépend plus de successions d'assises datées par des Ammonites à tous les niveaux pour accorder les deux stratigraphies. On peut alors classer des faunes d'Ammonites isolées dans les zones de Calpionelles pour faire la parallélisation. A la rigueur on pourrait même couper des lames minces dans le moule interne d'Ammonites, dont la répartition stratigraphique est bien connue, pour déterminer les Calpionelles qu'ils englobent [27].

ZUSAMMENFASSUNG

Folgende Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erscheinen von besonderem Interesse :

1) Die Vermutung von BONET 1956, dass die Lorica der Calpionellen primär kalkig sei, wird durch eine genaue Untersuchung des Erhaltungszustandes der Gehäuse bestätigt : Die Tatsache, dass der äussere Umriss der Loricae stets glatt ist, die Innenbegrenzung dagegen einen sehr unregelmässigen und zackigen Verlauf zeigt, lässt sich nur durch ein orientiertes Weiterwachsen der Wandsubstanz erklären. Die definitive Wanddicke hängt also allein davon ab, wie weit das Gehäuse mit Sediment gefüllt wurde. Im gegenwärtigen Erhaltungszustand sind die Loricae aus länglichen, annähernd radial ausgerichteten Kristallelementen aufgebaut. Es scheint demnach am wahrscheinlichsten, dass das Gehäuse ursprünglich aus Aragonit bestand, der frühzeitig in Kalzit umgewandelt wurde, wobei die Umwandlung von aussen nach innen fortschritt und schliesslich zu

einem orientierten Weiterwachsen der Schalensubstanz führte. Die ursprünglich höchstwahrscheinlich radiärfaserige Wandstruktur blieb dabei nicht vollkommen erhalten.

2) Die Deutung der Schnittbilder unbekannter Orientierung, auf denen die Calpionellen-Systematik basiert, kann durch die Konstruktion zahlreicher schiefer Schnitte zu den verschiedenen Arten auf eine sicherere Grundlage gestellt werden. Wenigstens die häufigen Formen lassen sich so für stratigraphische Zwecke ausreichend charakterisieren.

3) Die von uns vorgeschlagene Revision von *Calpionella elliptica* Cad. ermöglicht eine Verfeinerung der stratigraphischen Einteilung im Obertithon durch die Festlegung echt paläontologischer Zonen- bzw. Subzonengrenzen, die auf artlichen Verschiebungen innerhalb der Calpionellenfaunen beruhen.

4) Eine Zoneneinteilung nach Calpionellen aufgrund stratigraphisch charakteristischer Assoziationen wird durch eine konsequente quantitative (= häufigkeitsstatistische) Faunenanalyse möglich. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die aus dem Dünnschliffmaterial gewonnenen Häufigkeitswerte nicht den tatsächlichen Häufigkeiten entsprechen und — was vor allem die Arten anbetrifft — nicht unter diesem Blickwinkel direkt miteinander vergleichbar sind.

5) Im Bereich der Jura-Kreide-Grenze lassen sich so drei Zonen aufgrund des Vorherrschens der Gattungen *Crassicollaria, Calpionella* und *Tintinnopsella* in verschiedenen Bereichen unterscheiden. Subzonen lassen sich vorerst nur in der Zone A (*Crassicollaria*) ausgliedern.

6) Es ist voläufig nicht möglich, die Jura-Kreide-Grenze durch Calpionellenfaunen direkt zu charakterisieren. Die Aussichten hierfür sind auch gering, da hier kein Einschnitt in der Entwicklung der Calpionellenfaunen zu beobachten ist.

Im paläontologischen Teil werden folgende Gattungen und Arten neu beschrieben : Die Gattung *Calpionella* Lor. 1902 mit *C. alpina* Lor. 1902 und *C. elliptica* Cad. 1932 ; die Gattung *Crassicollaria* Rem. 1962 mit *Cr. brevis* Rem. 1962, *Cr. intermedia* (D.-D.) 1957, *Cr. parvula* Rem. 1962 und *Cr. massutiniana* (Col.) 1948 und ausserdem die Art *Tintinnopsella carpatica* (M. & F.) 1933.

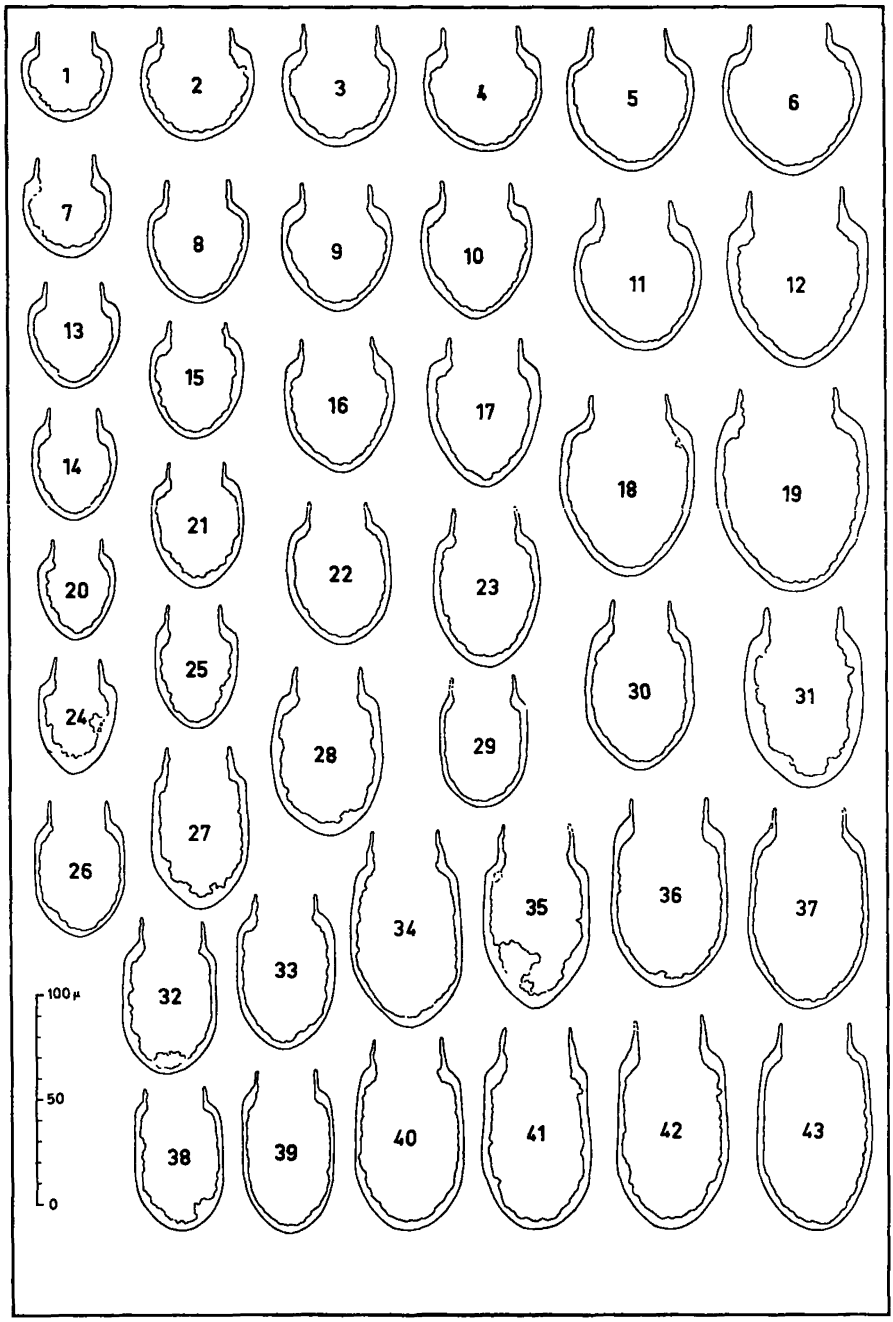


PLANCHE I. — Sections du groupe *Calpionella alpina - elliptica* montrant la transition apparemment graduelle entre les deux espèces. Pour les évaluations statistiques des faunes les fig. 1-21 et 24 doivent être attribuées à *Calpionella alpina* Lor., les fig. 22, 23, 25, 26 et 28-31 seraient des « *Calpionella* sp. » et les fig. 27 et 32-43 des *Calpionella elliptica* Cad.

Provenance des spécimens figurés ici : fig. 1, 13, Se 17; fig. 2-3, Se 34; fig. 4, 16, Se 38; fig. 5, 9, Se 36; fig. 6, Se 45; fig. 7, 14, 25-26, Se 16; fig. 8, Se 8; fig. 10, Se 30; fig. 11, Sp 2; fig. 12, Se 31; fig. 15, 29, Se 9; fig. 17, 36, Se 43; fig. 18, Se 44; fig. 19, Se 47; fig. 20-21, Se 1; fig. 22, 37, 43, Se 2; fig. 23-24, 34-35, 40-42, Se 4; fig. 27-28, 30, 32-33, 38-39, Se 3; fig. 31, SP 11.

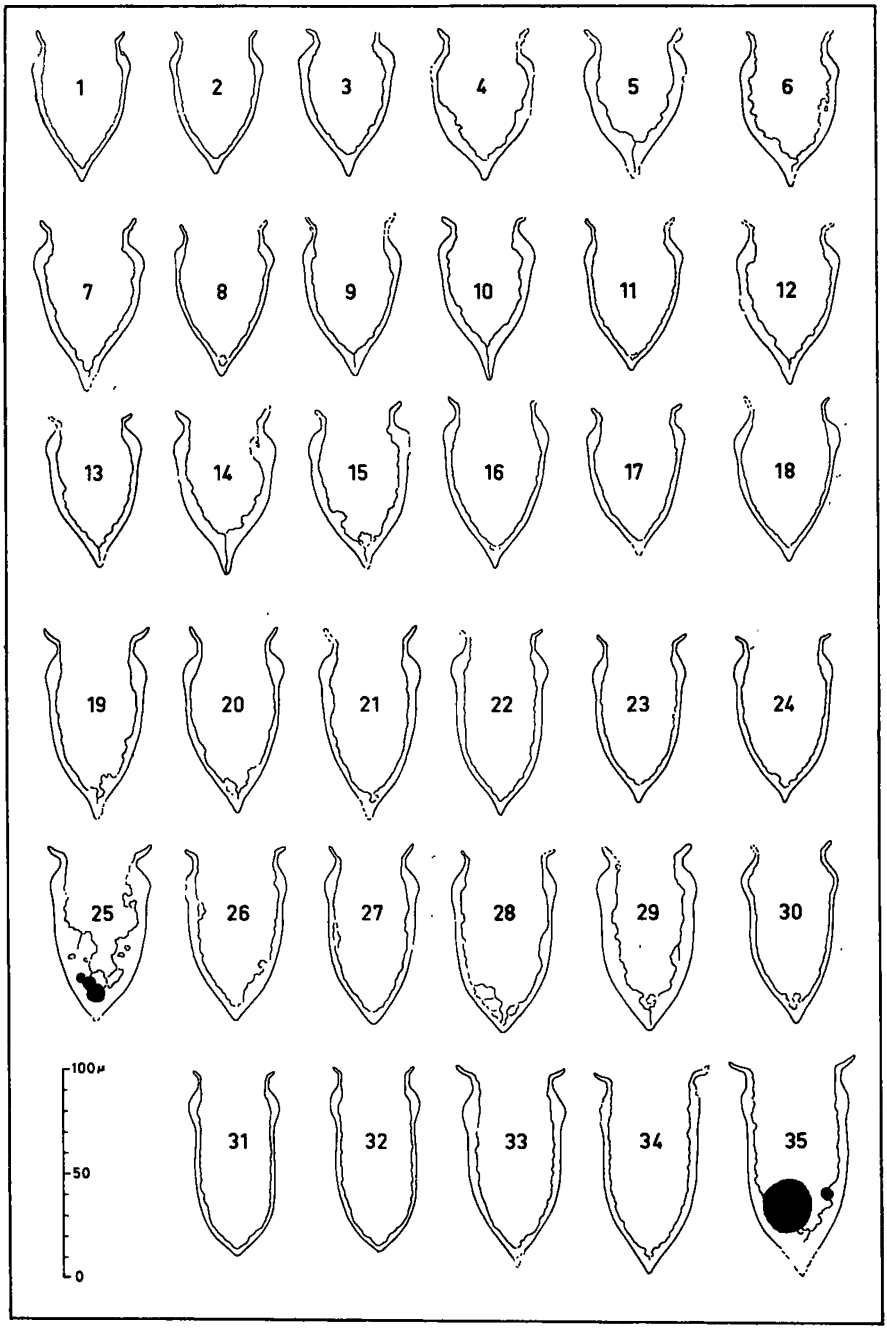


PLANCHE II. — Sections médianes ou presque médianes de *Crassicollaria brevis* Rem. (fig. 1-18) et de *Crassicollaria intermedia* (D.-D.) (fig. 19-35).

Provenance des spécimens : fig. 1, 8-9, 11, 16-17, 28, Se 44; fig. 2, 7, 18, 20, Se 45; fig. 3, Se 39; fig. 4-6, 10, 12, 14, SP 14 a; fig. 13, SP 17; fig. 15, AU 7; fig. 19, 21-22, 25-26, 30-35, Se 47; fig. 23-24, 27, Se 52; fig. 29, Cr 37.

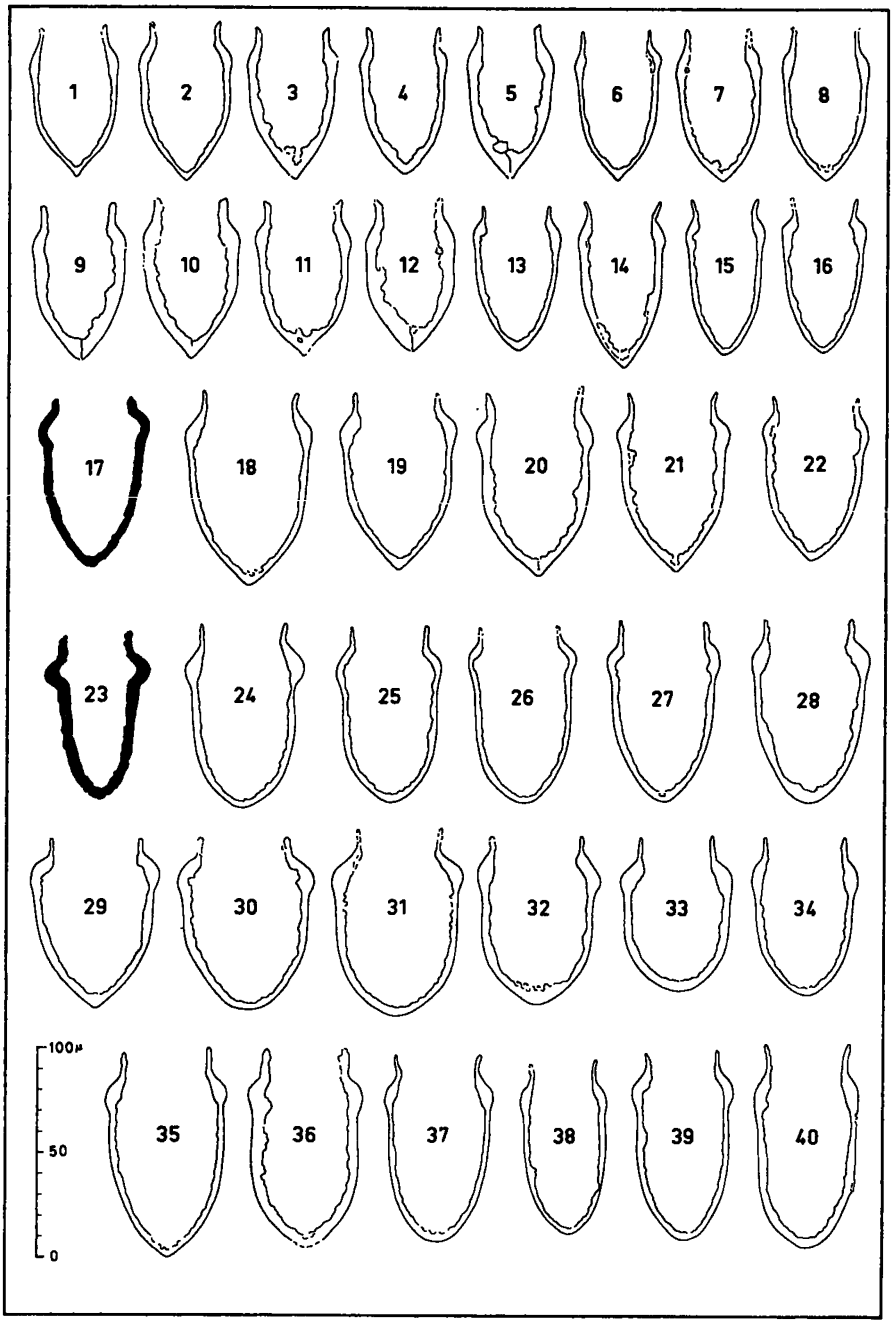


PLANCHE III.

Fig. 1-13 : Sections typiques de *Crassicollaria parvula* Rem.; fig. 14-16 : logettes plus allongées qui peuvent encore être attribuées à la même espèce; fig. 17-40 : *Crassicollaria massutiniana* (Col.); fig. 17 et 23 d'après COLOM 1950, adaptées à l'échelle de nos dessins (pour l'adaptation des figures de COLOM nous nous sommes basés sur les mesures indiquées dans le texte, l'échelle de × 250 donnée pour les figures dans COLOM 1948 n'est pas exacte).

Provenance des spécimens : fig. 1, 8, Se 32; fig. 2, 7, Se 42; fig. 3-5, 9-12, SP 9; fig. 6, Se 48; fig. 13-16, Se 43; fig. 18-19, 21, 24, 26-35, 37, 39-40, Se 44; fig. 20, SP 18 a; fig. 22, 38, Se 47; fig. 25, Se 45; fig. 36, SP 14 a.

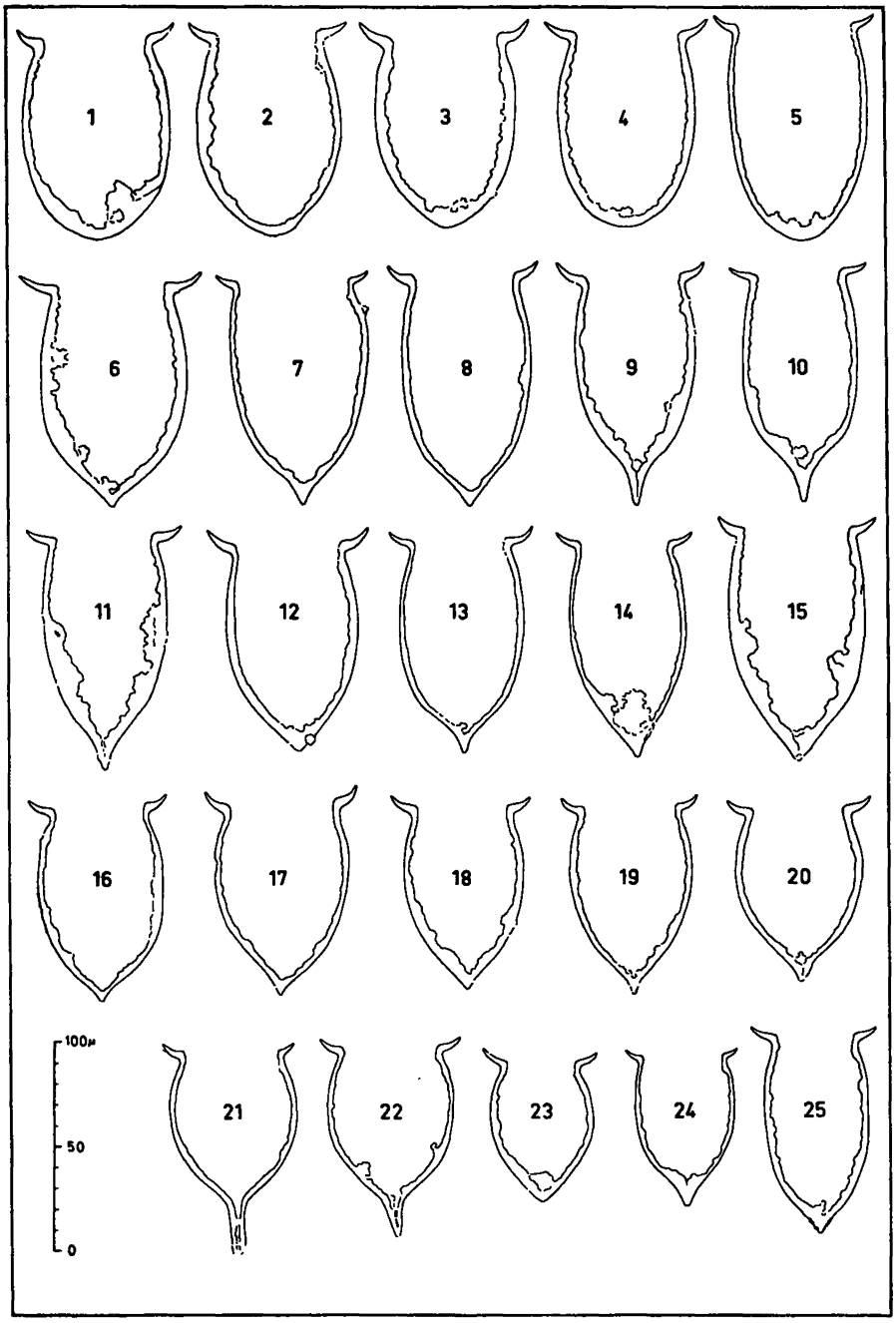


PLANCHE IV. — *Tintinnopsella carpathica* (M. et F.).

Même les sections les plus grandes à extrémité aborale arrondie (fig. 1-5) peuvent encore être interprétées comme coupes obliques de logettes avec prolongation caudale (cf. fig. 6-8).

Provenance des spécimens : fig. 1, 19-20, Au 4; fig. 2-3, 16, Au 5; fig. 4, 12, 18, Au 7; fig. 5, 7, 10, 13, 24, Se 4; fig. 6, 9, 11, Au 6; fig. 8, Se 2; fig. 14, Se 3; fig. 15, 17, 21-23, 25, Au 1.

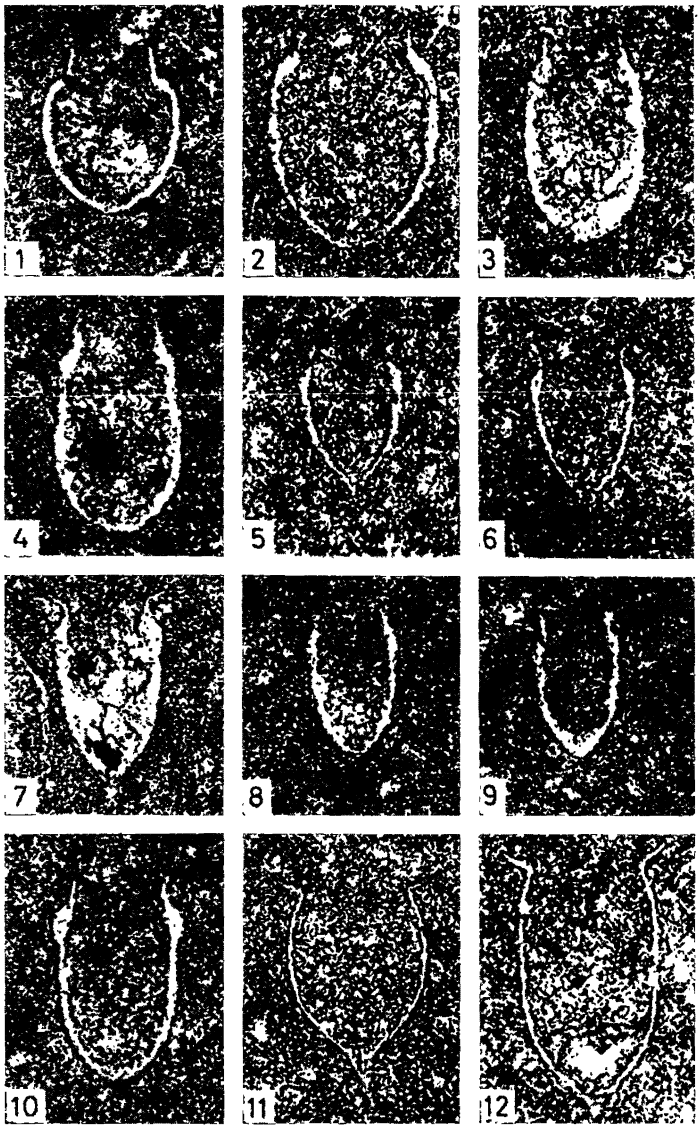


PLANCHE V.

Fig. 1-2 : *Calpionella alpina* Lor. ; fig. 3-4 : *Calpionella elliptica* Cad. ; fig. 5-6 : *Crassicollaria brevis* Rem. ; fig. 7 : *Crassicollaria intermedia* (D. D.) ; fig. 8 9 : *Crassicollaria parvula* Rem. ; fig. 10 : *Crassicollaria massutiniana* (Col.) ; fig. 11-12 : *Tintinnopsella carpathica* (M. et F.). Grossissement × 300 pour toutes les figures.

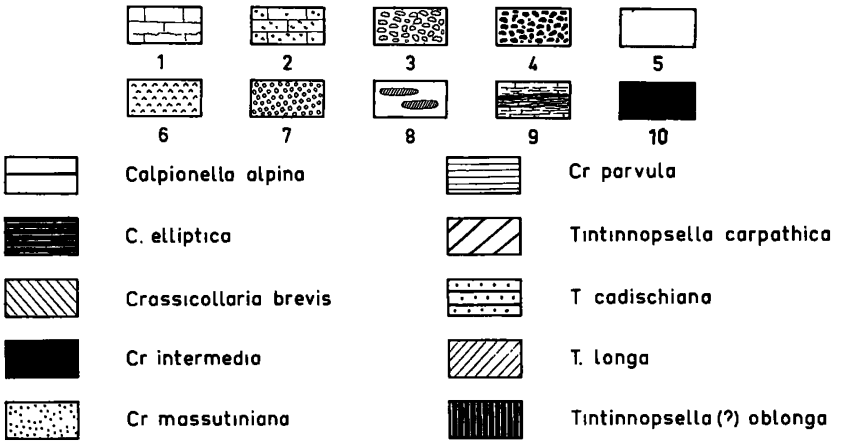


PLANCHE VI. — Successions d'assises des coupes étudiées dans ce travail. A côté de chaque coupe on trouve les diagrammes qui indiquent les fréquences des espèces de Calpionelles aux différents niveaux en pourcentages du total de la faune. Les diverses espèces sont caractérisées par un figuré propre (v. légende). Les pourcentages correspondant à des coupes qui ne sont déterminées que génériquement sont laissés en blanc; pour « *Calpionella* sp. » c'est l'espace entre *C. alpina* et *C. elliptica* et pour *Crassicollaria* sp. le champ à droite de *Cr. parvula*. Les niveaux où apparaissent les premières Calpionelles sont marqués par un triangle noir s'il s'agit de dépôts autochtones.

Légende : 1, calcaire lithographique (pélagique) clair; 2, calcaire lithographique clair, tacheté de gris; 3, brèche ou poudingue calcaire; 4, brèche resédimentée par un courant de turbidité; 5, calcaire pseudoolithique; 6, débris zoogènes; 7, niveaux dolomitisés; 8, rognons de silex; 9, calcaire plus ou moins marneux; 10, marne.

Si le nombre d'individus sur lequel nous avons basé nos évaluations statistiques des faunes était inférieur à 200, nous l'avons indiqué à droite des diagrammes de fréquence.

Quelques uns des figurés d'espèces dans les diagrammes de fréquence ayant dû être redessinés pour permettre une réduction suffisante, il s'est ainsi glissé quelques fautes, qu'il y a lieu de corriger ici (surtout pour les figurés de *Cr. intermedia* et de *Cr. elliptica* souvent difficiles à distinguer) :

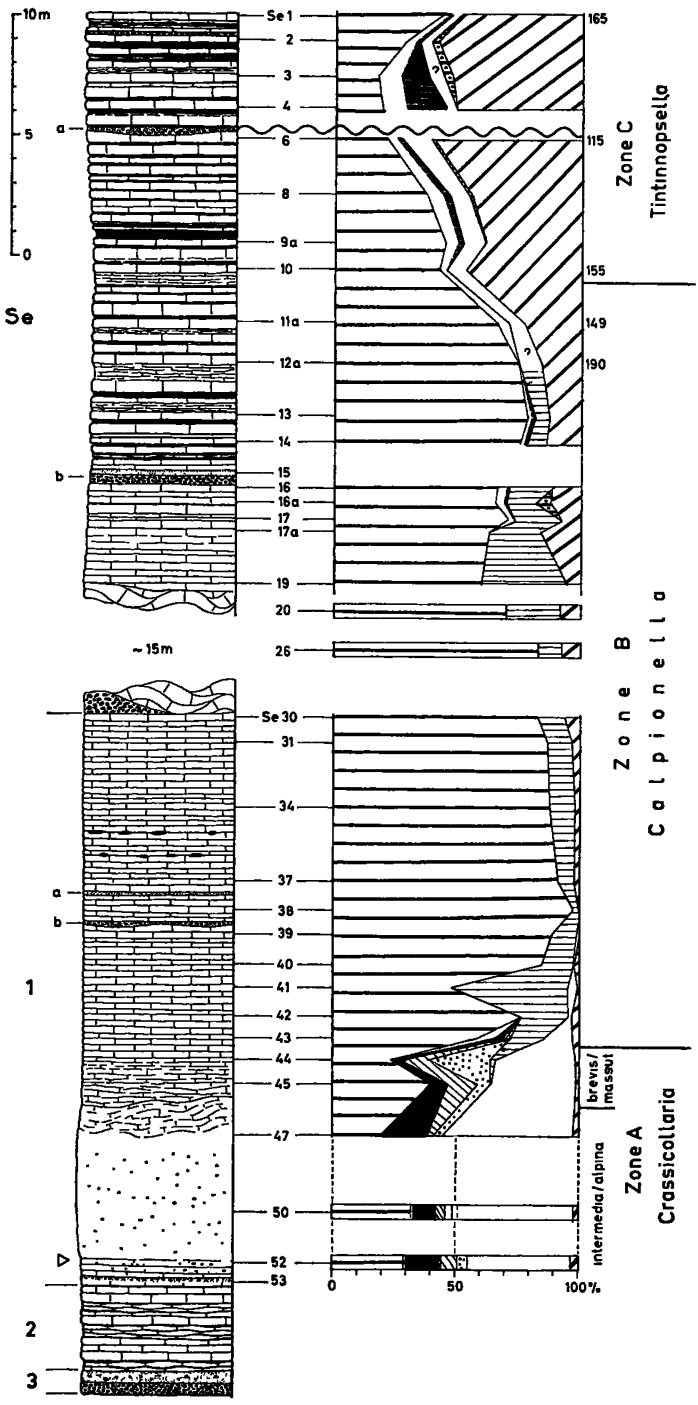
SE : *Cr intermedia* disparaît à peu près au niveau de Se 43 (1,5 %), entre Se 43 et 42 il s'agit de rares *C. elliptica* (3 % dans Se 43). — Dans les couches entre Se 9a et 6 on observe de très rares *T. cadischiana*.

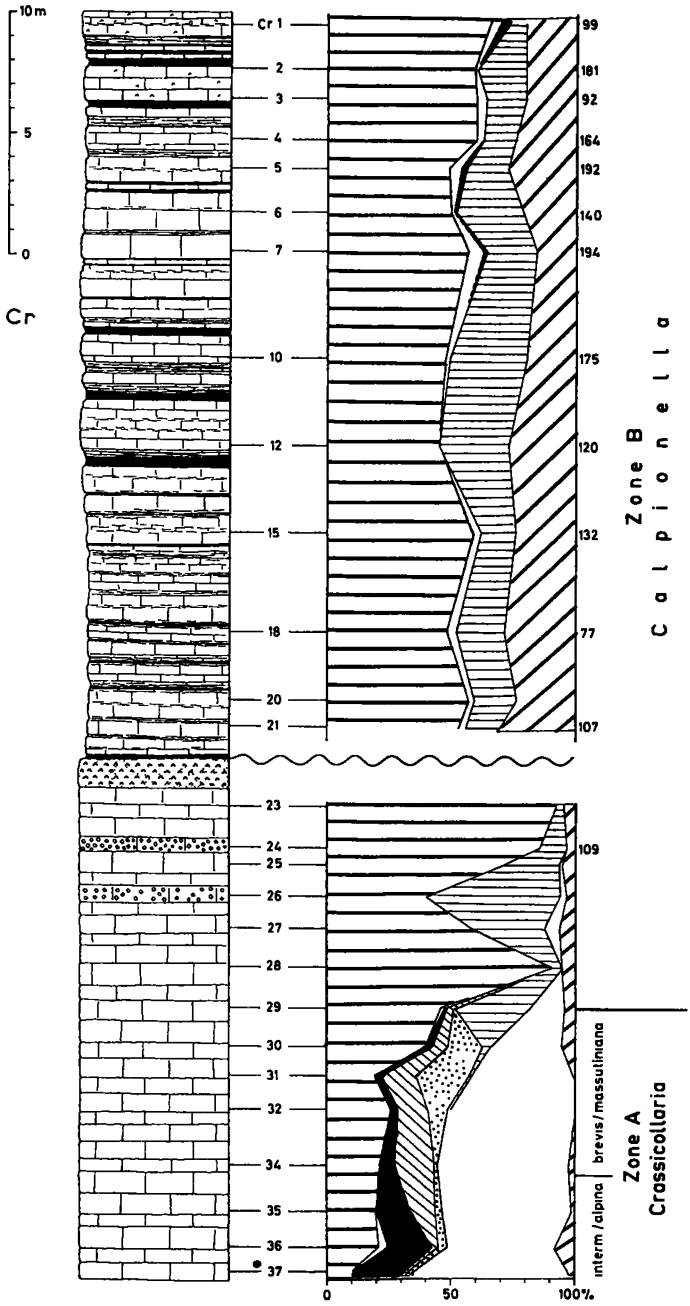
CR : Dans la partie supérieure du Berriasien (Cr 7 1) il s'agit de rares *C. elliptica* et pas de *Cr. intermedia*.

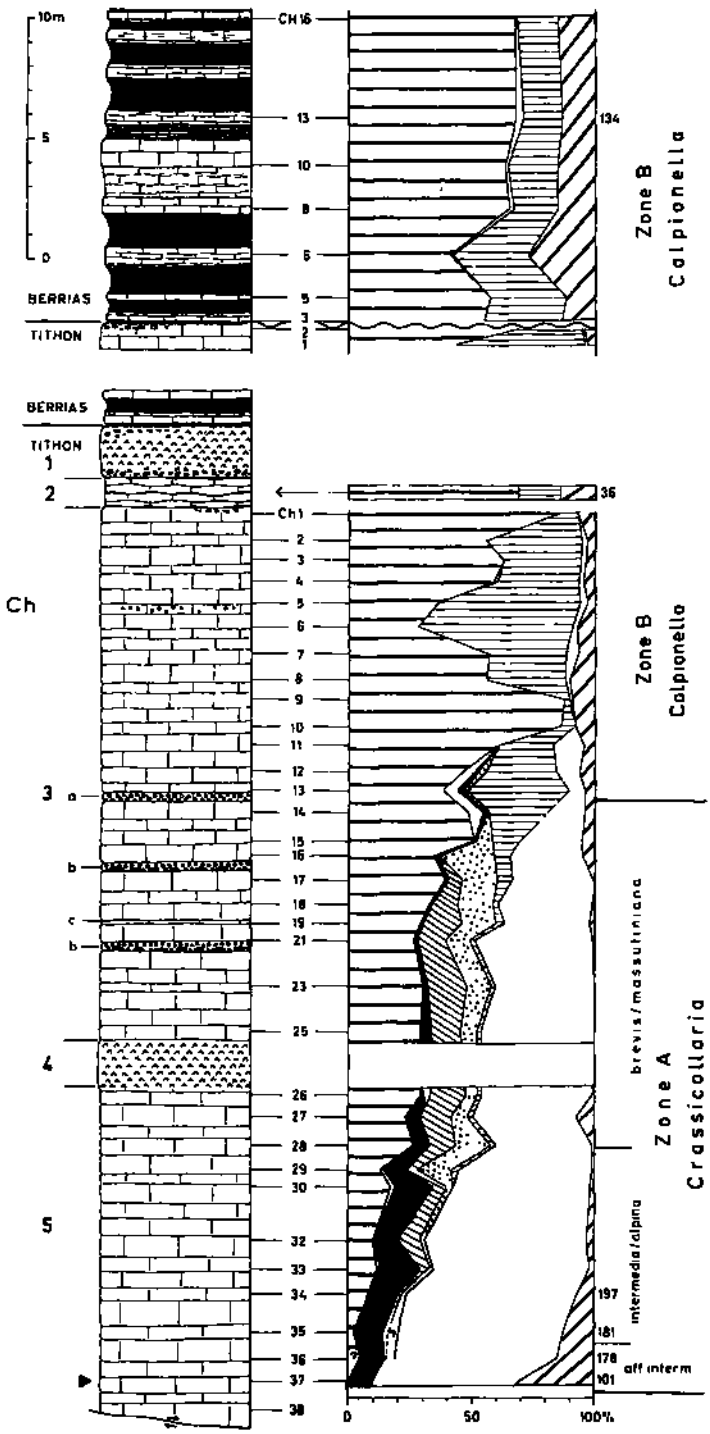
CH : Au niveau de Ch 26 il y a 4 % de *Cr intermedia* (triangle blanc entre *C. alpina* et *Cr brevis*). — *Cr. intermedia* disparaît entre Ch 19 (1 %) et Ch 16, entre Ch 14 et 12 il s'agit de *C. elliptica*.

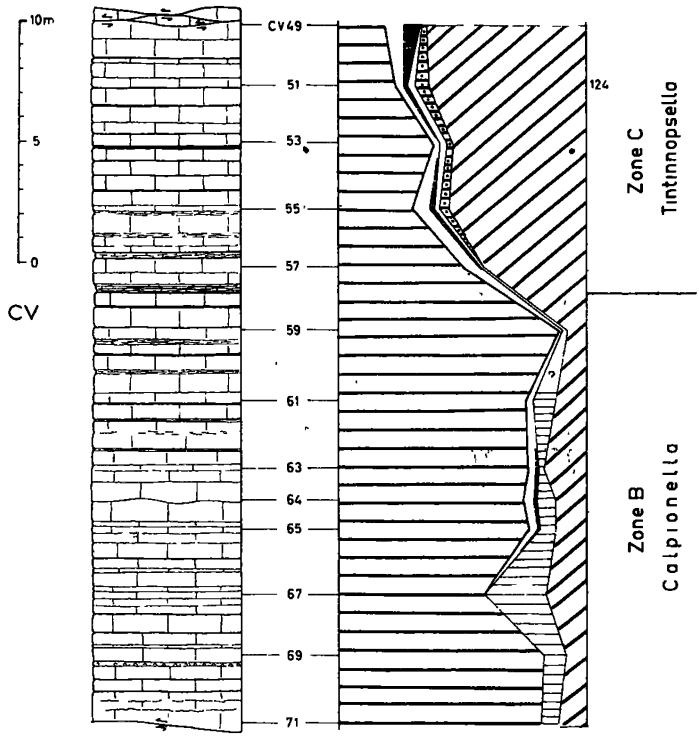
SP : *Cr intermedia* disparaît à peu près à la hauteur de SP 12 (1 %), entre Sp 12 et 10 il s'agit surtout de *C. elliptica* — Dans le Berriasien basal (Sp 2 3) on trouve de très rares *T. cadischiana* (marquées entre *Cr. parvula* et *T. carpathica*).

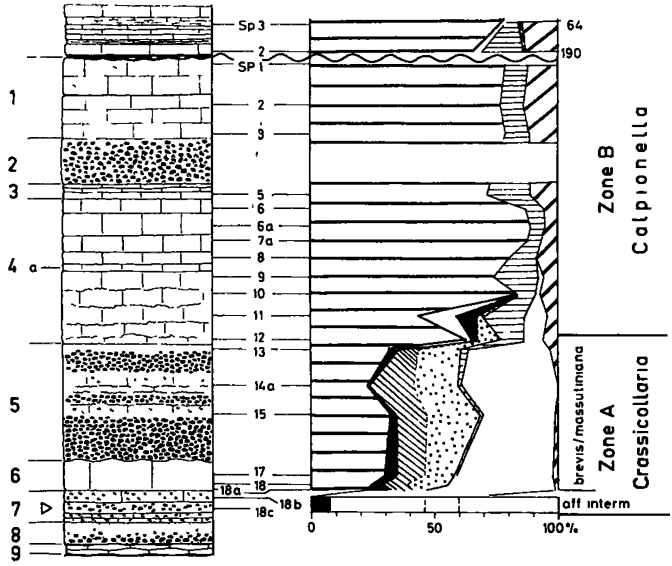
AU : La faune de Au 1 contient 18 % de *T* (?) *oblonga* (marqué en noir), 4 % de *T. cadischiana* (figuré de *T. longa*), 2 % de *T. longa* et 11 % de *Tintinnopsella* sp. — *Cr intermedia* se termine à AU 11, après il s'agit de rares *C. elliptica*

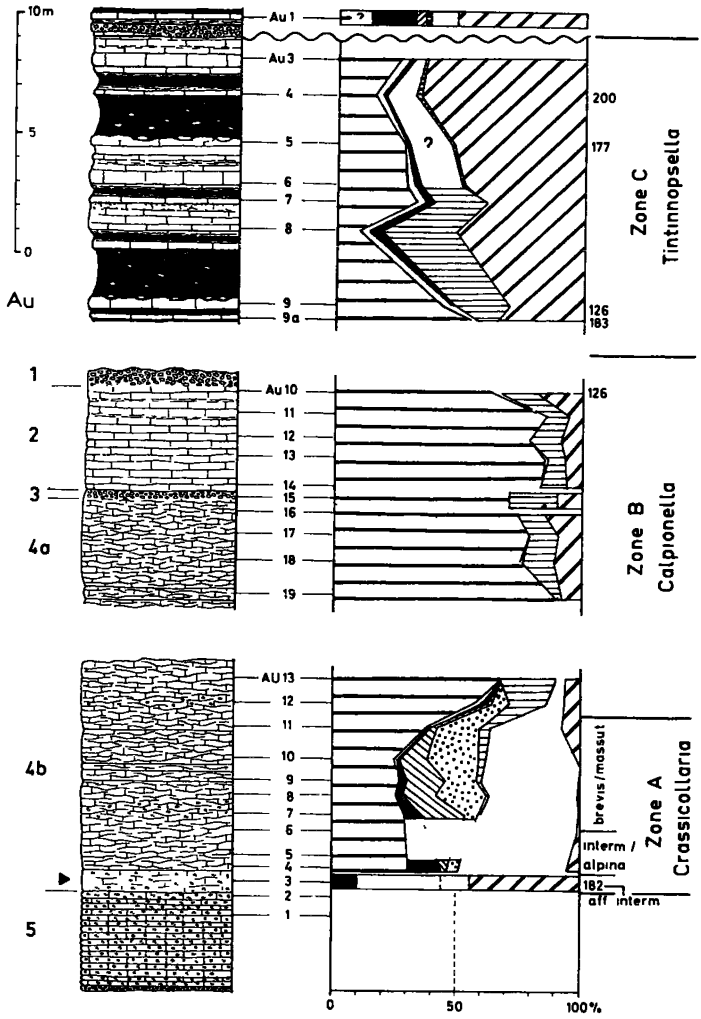

10m
5
0
Se
a
b
1
2
3
Se 1
2
3
4
6
8
9a
10
11a
12a
13
14
15
16
16a
17
17a
19
20
26
~15m
Se 30
31
34
37
38
39
40
41
42
43
44
45
47
50
52
53
165
115
155
149
190
0
50
100%
Zone C
Tintinnopsella
Zone B
Calpionella
Zone A
Crassicollaria
brevis/massui
intermedia/alpina


10m
5
0
Cr
Cr 1
2
3
4
5
6
7
10
12
15
18
20
21
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
34
35
36
37
99
181
92
164
192
140
194
175
120
132
77
107
109
Zone B
Calpionella
Zone A
Crassicollaria
brevis/massutiniana
interm./alpina
0
50
100%


10m
5
0
BERRIAS
TITHON
CH16
13
10
8
6
5
3
2
1
134
Zone B
Calpionella
BERRIAS
TITHON
1
2
Ch
3
a
b
c
b
4
5
Ch1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
21
23
25
26
27
28
29
30
32
33
34
35
36
37
38
36
Zone B
Calpionella
brevis/massutiniana
Zone A
Crassicollaria
intermedia/alpina
197
181
178
101
aff interm
0
50
100%


10m
5
0
CV
CV49
51
53
55
57
59
61
63
64
65
67
69
71
124
Zone C
Tintinnopsella
Zone B
Calpionella


Sp 3
2
SP 1
1
2
3
2
3
5
6
6a
7a
8
4 a
9
10
11
12
13
14a
5
15
6
17
18
18a
7
18b
18c
8
9
64
190
Zone B
Calpionella
brevis/massutimana
Zone A
Crassicollaria
aff interm
0
50
100%


10m
5
0
Au
Au 1
Au 3
4
5
6
7
8
9
9a
200
177
126
183
Zone C
Tintinnopsella
1
2
3
4a
Au 10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
126
Zone B
Calpionella
4b
5
AU 13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
brevis/massut
interm / alpina
182
aff interm
Zone A
Crassicollaria
0
50
100%

BIBLIOGRAPHIE

1. ALLEMANN (F.) (1957). — Geologie des Fürstentums Liechtenstein (Südwestlicher Teil) (*Thèse,* Berne, Buchdr. Hilty, Schaan, 1957).
2. ANDRUSOV (D.) (1950). — Les fossiles du Mésozoïque des Carpates. I. Plantes et Protozoaires (*Pràce Statn. Geol. Ust.,* S. 25, Bratislava).
3. BLUMENTHAL (M.), DURAND-DELGA (M.) et FALLOT (P.) (1958). — Données nouvelles sur le Tithonique, le Crétacé et l'Eocène inférieur du Rif septentrional (Maroc) (*Notes Serv. Géol. Maroc,* t. 16, Notes et Mém., n° 143, p. 44).
4. BLUMER (E.), dans : HEIM, Alb. (1906). — Ein Profil am Südrand der Alpen, der Pliozänfjord der Breggiaschlucht (*Geol. Nachl., Vierteljahresschr. Natf. Ges. Zürich,* Jahrg. 51).
5. BONET (F.) (1956). — Zonificación microfaunistica de las calizas cretàcicas del Este de México (*XXe Congr. géol. intern.,* Mexico).
6. BRÖNNIMANN (P.) (1953). — On the Occurrence of Calpionellids in Cuba (*Ecl. Geol. Helv.,* t. 46, p. 263).
7. BRUNNSCHWEILER (R. O.) (1960). — Marine Fossils from the Upper Jurassic and the Lower Cretaceous of Dampier Peninsula, Western Australia (*Dept. of Nation. Developm., Bur. Miner. Resources, Geol. and Geophys.,* Bull. n° 59).
8. BUSNARDO (R.) et DURAND-DELGA (M.) (1960). — Données nouvelles sur le Jurassique et le Crétacé inférieur dans l'Est des Cordillères bétiques (régions d'Alcoy et d'Alicante) (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), t. II, p. 278).
9. CADISCH (J.) (1932). — Ein Beitrag zum Calpionellenproblem (*Geol. Rundsch.,* Bd. 23, p. 241).
10. CALEMBERT (L.) (1952). — Etude géologique du massif culminant de l'Ouarsenis (*Bull. Serv. Carte géol. Algérie,* 2e sér., n° 23, p. 45).
11. CASTANY (G.) (1951). — Etude géologique de l'Atlas tunisien oriental (*Ann. Mines Géol.,* Tunis, n° 8).
12. CITA (M. B.) et PASQUARE (G.) (1959). — Osservazioni micropaleontologiche sul Cretaceo delle Dolomiti. Studi stratigrafici sul sistema Cretaceo in Italia, Nota IV (*Riv. Ital. Pal. e Strat.,* t. 65, n° 4).
13. CITA (M. B.), FORTI (A.), RAFFI (G.) et VILLA (F.) (1959). — Jurassic and Cretaceous Microfacies from the Prealps and Central Apennines (Italy) (*5th World Petr. Congr. Proc.,* Sect. I, Paper 54, p. 969).
14. COLLET (L. W.) (1936). — Les brèches du Jurassique supérieur et la limite Jurassique-Crétacé (*Ecl. Geol. Helv.,* t. 29, p. 283).
15. COLOM (G.) (1928). — Las calizas con « embriones de Lagena » del Cretacio inferior de Mallorca (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.,* t. 28, p. 392).
16. COLOM (G.) (1934). — Estudios sobre les Calpionelas (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.,* t. 34, p. 379).
17. COLOM (G.) (1939). — Tintinnidos fósiles (Infusorios Oligotricos) (*Las Ciencias,* ano 4, p. 815, Madrid).
18. COLOM (G.) (1947). — Estudios sobre la sedimentación profunda de las Baleares desde el Lias superior al Cenomanense-Turonense (*Cons. Sup. Inv. Cient., Publ. Inst. « Lucas Mallada »*).
19. COLOM (G.) (1948). — Fossil Tintinnids : Loricated Infusoria of the Order of the Oligotricha (*J. of Paleont.,* vol. 22, p. 233).
20. COLOM (G.) (1950). — Los Tintinnidos fósiles. Infusorios del orden de los Oligotricos (*Est. Geol.,* n° 11, t. 6, p. 105).

21. COLOM (G.) (1955). — Jurassic-Cretaceous Pelagic Sediments of the Western Mediterranean Zone and the Atlantic Area (*Micropal.*, vol. 1, p. 109).
22. COLOM (G.) (1956). — Litofacies y micropaleontologia de las formaciones jurasico-neocomienses de la Sierra de Ricote (Murcia) (*Bol. Inst. Geol. Min. Esp.*, t. 67, p. 11).
23. COLOM (G.) (1957). — Sur les caractères de la sédimentation des géosynclinaux mésozoïques (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), t. VII, p. 1167).
24. COLOM (G.), CASTANY (G.) et DURAND-DELGA (M.) (1953). — Microfaunes pélagiques (Calpionelles, Fissurines) dans le Nord-Est de la Berbérie (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), t. III, p. 517).
25. DEFLANDRE (G.) (1936). — Tintinnoïdiens et Calpionelles. Comparaison entre les Tintinnoïdiens, Infusoires loriqués pélagiques des mers actuelles, et les Calpionelles, microfossiles de l'époque secondaire (*Bull. Soc. Fr. Micr.*, t. 5, p. 112).
26. DEFLANDRE (G.) et DEFLANDRE-RIGAUD (M.) (1949). — Ciliés (Infusoires), Tintinnoidea (incl. Calpionella auct.) et Ciliatae incertae. *Fichier micropal.*, sér. 9, Arch. orig. Centre Docum. C.N.R.S., n° 302, fiches I-VI, 1186-1293.
27. DOBEN (K.) (1962). — Paläontologisch-stratigraphische und fazielle Untersuchungen an der Jura/Kreide-Grenze in den Bayerischen Kalkalpen zwischen Inn und Saalach (*Thèse,* Munich, à l'impression).
28. DONZE (P.) (1958). — Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur les pourtours de la « fosse vocontienne » (Massifs subalpins septentrionaux, Ardèche, Grands-Causses, Provence, Alpes-Maritimes) (*Trav. Lab. Géol. Lyon,* nouv. sér., n° 3).
29. DUFAURE (Ph.) (1958). — Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique et du Néocomien de l'Aquitaine à la Provence (*Rev. Micropal.*, t. 1, p. 87).
30. DURAND-DELGA (M.) (1955). — Etude géologique de l'Ouest de la Chaîne Numidique (*Bull. Serv. Carte géol. Algérie,* 2e sér., n° 24).
31. DURAND-DELGA (M.) (1957). — Nouvelles données sur le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur du Chénoua (Nord-Algérois) (*Bull. Soc. Géol Fr.* (6), t. VII, p. 1129).
32. DURAND-DELGA (M.) (1957). — Une nouvelle forme de Calpionelles (*Publ. Serv. Carte géol. Algérie,* nouv. sér., Bull. n° 13, Trav. Collab. 1956, p. 165).
33. DURAND-DELGA (M.), MAGNÉ (J). et PEYRE (Y.) (1959). — Découverte du Crétacé moyen dans le Bétique de Malaga et le Pénibétique d'Antequera (Andalousie) (*C. R. Ac. Sc.*, t. 249, p. 2796).
34. EMBERGER (J.) et MAGNÉ (J.) (1956). — Présence de Calpionelles dans les séries néritiques du Berriasien et du Néocomien supérieur des Monts des Oulad-Nail (Atlas saharien, Algérie) (*C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1956, p. 190).
35. FARINACCI (A.) et SIRNA (G.) (1960). — Livelli a Saccocoma nel Malm dell'Umbria e della Sicilia (*Boll. Soc. Geol. Ital.*, t. 79, fasc. 1, p. 59).
36. FERASIN (F.) et RIGATO (G.) (1957). — Studi sui Tintinnidi fossili delle Prealpi venete (*Mem. Acc. Patav. Sc. Lett. Arti e Sc. Nat.*, t. 69, Padova).
37. FICHTER (H. J.) (1934). — Geologie der Bauen Brisen-Kette und die zyklische Gliederung der Kreide und des Malms der helvetischen Decken (*Beitr. Geol. Karte Schweiz,* N.F. 69).
38. GERBER (M.) (1930). — Beiträge zur Stratigraphie der Jura-Kreide-Grenze in der Zentralschweiz (*Ecl. Geol. Helv.*, t. 23, p. 497).
39. GIGNOUX (M.) et MORET (L.) (1952). — Géologie dauphinoise. 2e édition, Masson, Paris, 1952.

40. GIANOTTI (A.) (1958). — Deux faciès du Jurassique supérieur en Sicile (*Rev. Micropal.*, t. 1, p. 38).
41. GLAESSNER (M.) (1945). — Principles of Micropaleontology. Melbourne - Oxford, 1945.
42. GOGUEL (M.) (1944). — Contribution à l'étude paléogéographique du Crétacé inférieur dans le Sud-Est de la France (*Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. 44, n° 215).
43. GOURINARD (Y.) (1953). — Le barrage de l'Oued Fodda. I. Etude géologique. (*XIX*e *Congr. géol. intern.*, Alger). La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie, t. 1, Eléments de technologie des barrages algériens.
44. GRUNAU (H. R.) (1959). — Mikrofazies und Schichtung, ausgewählter, jungmesozoischer, radiolarit-führender Sedimentserien der Zentralalpen (*Intern. Sedim. Petr. Series*, vol. 4).
45. HEIM (Arn.) (1916). — Monographie der Churfirsten-Mattstock-Gruppe. 3. Teil : Stratigraphie der Unteren Kreide und des Jura (*Beitr. Geol. Karte Schweiz*, N.F. 20).
46. JEANNET (A.) (1918). — Monographie géologique des Tours d'Aï et des régions avoisinantes (Préalpes vaudoises). 2e partie (*Beitr. Geol. Karte Schweiz*, N.F. 34).
47. JULLIAN (Y.) (1953). — Présentation de microfaciès jurassiques du Languedoc (*C. R. XIX*e *Congr. géol. intern.*, Alger, sect. 14, fasc. XVI, p. 177).
48. KAFKA (F. T.) et KIRKBRIDE (R. K.) (1959). — The Ragusa Oil Field, Sicily (*5th World Petr. Congr. Proc.*, Sect. I, Paper 12, p. 233).
49. KILIAN (W.) (1895). — Sur divers gisements fossilifères de la région de Castellane (Basses-Alpes) (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (3), t. XXIII, p. 885).
50. KILIAN (W.) (1902). — Sur deux microorganismes du mésozoïque alpin (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (4), t. II, p. 358).
51. KSIAZKIEWICZ (M.) (1956). — Jura i Kreda Bachowic (The Jurassic and Cretaceous of Bachowice) (*Ann. Soc. Géol. Pol.*, t. 24, fasc. 2-3, année 1954, Kraków, 1956).
52. LAFITTE (R.) (1937). — Sur les Calpionelles en Algérie (*C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1937, p. 113).
53. LEISCHNER (W.) (1959). — Zur Mikrofazies kalkalpiner Gesteine (*Sitzungsber. Osterr. Akad. Wiss.*, Abt. I, Bd. 168, Heft 8-9).
54. LEISCHNER (W.) (1961). — Zur Kenntnis der Mikrofauna und -flora der Salzburger Kalkalpen (*N. Jahrb. Geol. Paläont.*, Abh. Bd. 112, 1, p. 1).
55. LOMBARD (A.) (1932). — Géologie de la région du Fer à Cheval (Sixt, Haute-Savoie) (*Ecl. Geol. Helv.*, t. 25, p. 163).
56. LOMBARD (A.) (1945). — Attribution de microfossiles du Jurassique supérieur alpin à des Chlorophycées (Proto- et Pleurococcacées) (*Ecl. Geol. Helv.*, t. 38, p. 163).
57. LORENZ (Th.) (1902). — Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Fazies. II. Der südliche Rhätikon (*Ber. Natf. Ges.* Freiburg/Br. Bd. 12, p. 35).
58. MAZENOT (G.) (1939). — Les Palaehoplitidae tithoniques et berriasiens du Sud-Est de la France (*Mém. Soc. Géol. Fr.*, nouv. sér., t. 18).
59. MAZENOT (G.) et ROMAN (F.) (1937). — Découverte d'une faune pyriteuse d'âge tithonique supérieur aux environs de Chomérac (Ardèche) (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (5), t. VII, p. 179).
60. Microfacies italiane. — Album de microphotographies, édit. par l'A.G.I.P. Mineraria.
61. MORET (L.) (1925). — Une coupe du bord subalpin au Nord de Grenoble, succession des faciès lithologiques (*Ass. Fr. Avancem. Sc.*, Congr. Grenoble).

62. MURGEANU (G.) et FILIPESCU (M.) (1933). — Calpionella carpathica n. sp. dans les Carpathes roumaines (*Notat. Biol.*, t. 1, p. 63).
63. MURGEANU (G.) et FILIPESCU (M.) (1937). — Sur la présence des Calpionelles dans les dépôts jurassiques et crétacés de Roumanie (*C. R. Séances Inst. Géol. Roum.*, t. 21, p. 51).
64. NASH (J.) (1926). — De Geologie der Grande-Chartreuseketens. Techn. Boekh. Druckerij, Delft, 1926.
65. NICOL (G.) (1956). — Geologie der östlichen Stockhorn-Kette (*Mitt. Natf. Ges. Bern*, N.F. 13, p. 153).
66. PAQUIER (V.) (1892). — Le Jurassique supérieur des environs de Grenoble (*Ann. Ens. sup. Grenoble; Bull. Soc. Stat. Isère*, 4e sér., t. 1).
67. PROTESCU (M. O.) (1933). — Prezenta genului Calpionella alpina Lor. in klipa de calcar berriasan din Muntele Piatra Arsa (Sinaia), Jud. Prahova (*Bulet. Soc. Natur. Român.*, n° 3, p. 13).
68. PROTESCU (M. O.) (1936). — Recherches géologiques et paléontologiques dans la bordure orientale des Monts Bucegi (*Anuarul Inst. Geol. Rom.*, t. 17, p. 527).
69. REMANE (J.) (1958). — Quelques observations sur le passage des faciès jurassiens aux faciès subalpins à la limite Jurassique-Crétacé dans les environs de Grenoble (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 34, p. 179).
70. REMANE (J.) (1960). — Les formations bréchiques dans le Tithonique du Sud-Est de la France (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 36, p. 75).
71. REMANE (J.) (1962). — Zur Calpionellen-Systematik (*N. Jahrb. Geol. Paläont.*, Mh. Jan. 1962, p. 8).
72. RIGO (M.) et BARBIERI (F.) (1958). — Stratigrafia pratica applicata in Sicilia (*Boll. Serv. Geol. Ital.*, t. 80, p. 351).
73. ROD (E.) (1937). — Stratigraphie des Malm der Graustock-Hutstock-Gruppe (Melchtal, Kt. Oberwalden) (*Thèse*, Berne, 1937).
74. SCARSELLA (F.) (1955). — Calcari titoniani a Calpionella alpina sul Giurassico coralligeno del Gran Sasso d'Italia (*Boll. Serv. Geol. Ital.*, t. 77, p. 327).
75. STAEGER (D.) (1944). — Geologie der Wilerhorngruppe zwischen Brienz und Lungern (Kt. Bern und Unterwalden) (*Ecl. Geol. Helv.*, t. 37, p. 100).
76. VASSOÉVITCH (N.) (1936). — Les roches à Calpionella Lorenz du Caucase et de la Crimée (*C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1936, p. 168).
77. VERNIORY (R.) (1955). — Répartition stratigraphique et géographique de Saccocoma Agassiz entre l'Oberland bernois et la Provence (*Arch. Sc.*, Genève, t. 8, fasc. 1, p. 98).
78. VIALOV (O. S.) et LINETZKAYA (L. V.) (1960). — Sur des Infusoires fossiles des Carpathes mésozoïques (en russe) (*Dokl. Akad. Nauk SSSR.*, t. 131, p. 1407).
79. WEID (J. von der) (1960). — Géologie des Préalpes médianes au Sud-Ouest du Moléson (Préalpes fribourgeoises) (*Ecl. Geol. Helv.*, t. 53, p. 521).
80. WEISS (H.) (1949). — Stratigraphie und Fauna des Klippenmalms (*Thèse*, Zürich, 1949).
81. ZANMATTI-SCARPA (C.) (1956). — Studi di alcune « microfacies » del Bresciano (*Boll. Serv. Geol. Ital.*, t. 78, p. 585).
82. ZIA (R.) (1955). — Calcari a Calpionella della Toscana (*Boll. Soc. Geol. Ital*, t. 74, fasc. 2, p. 81).