



HAL
open science

La " Dalle à ammonites de Digne " (Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence, France). Étude d'un site fossilifère d'importance patrimoniale.

Jean-Louis Dommergues, Myette Guiomar

► To cite this version:

Jean-Louis Dommergues, Myette Guiomar. La " Dalle à ammonites de Digne " (Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence, France). Étude d'un site fossilifère d'importance patrimoniale.. *Revue de Paléobiologie*, 2011, 30 (1), pp.261-293. hal-00741464

HAL Id: hal-00741464

<https://hal.science/hal-00741464v1>

Submitted on 19 Aug 2019

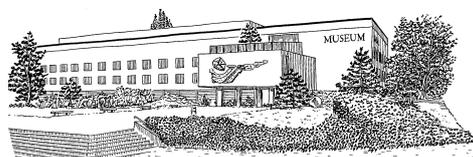
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

R E V U E D E PALÉOBIOLOGIE

ISSN 1661-5468

VOL. 30, N° 1, 2011



Muséum d'Histoire Naturelle • Ville de Genève • Suisse

La « Dalle à ammonites de Digne » (Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence, France). Étude d'un site fossilifère d'importance patrimoniale

Jean-Louis DOMMERGUES¹ & Myette GUIOMAR²

Résumé

La « Dalle à ammonites de Digne » est une localité fossilifère très spectaculaire, d'importance tant scientifique que patrimoniale. Ce site exceptionnel est protégé par la Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence (RNGHP). La dalle d'environ 320 m², qui constitue l'élément essentiel du site, porte plus de 1550 céphalopodes (surtout des ammonites, mais aussi quelques nautilus) et une faune benthique discrète, mais assez diversifiée, principalement constituée de bivalves épibenthiques. La faune d'ammonites, très évidente et spectaculaire, est assez monotone. Elle comprend de très nombreux Arietitidae (*Coroniceras*) et quelques Schlotheimiidae (*Angulaticeras*), mais elle est essentiellement constituée par une seule espèce très dominante: *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) dont les nombreux grands spécimens, qui peuvent dépasser 50 cm de diamètre, font la célébrité du site. Le présent travail est conçu comme une monographie entièrement dédiée à la « Dalle à ammonites de Digne » et à la série qui l'encadre. Il tient compte des aspects paléontologiques, paléobiogéographiques, paléocéologiques, stratigraphiques et sédimentologiques. Bien que les exigences de la protection du site excluent tout prélèvement délibéré de spécimen, une étude morphométrique basée sur un ensemble de mesures prises *in situ* a permis de préciser la variabilité intraspécifique de *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) et suggère que la période de dépôt fut probablement brève, au sens géologique du terme. En outre, et à titre expérimental, la « Dalle » a récemment fait l'objet d'un relevé par scanner 3D contrôlé par laser. L'iconographie proposée dans le présent travail est constituée d'images de synthèse obtenues à partir de ces données 3D, saisies *in situ*, et de photographies de spécimens conservés dans les collections de la RNGHP.

Mots-clés

Ammonites, Jurassique inférieur, Bassin subalpin, stratigraphie, Paléobiogéographie, Patrimoine géologique.

Abstract

The « Digne ammonite slab » (« Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence », France). Palaeontological and sedimentological study of a fossiliferous locality of patrimonial significance.- The « Digne ammonite slab » is a spectacular fossiliferous feature of both scientific and patrimonial significance. The entire outcrop is protected by the « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence » RNGHP. This remarkable slab, measuring about 320 m², is the chief element in the outcrop. It exhibits more than 1550 cephalopods (many ammonites but also some nautilus) and bears a less obtrusive but diversified benthic fauna, mainly composed of epibenthic bivalves. Conversely, the striking ammonite fauna is, in taxonomic terms, rather monotonous with numerous Arietitidae (*Coroniceras*) but only sparse Schlotheimiidae (*Angulaticeras*). In fact the ammonite fauna is chiefly composed of a single highly dominant species, *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) of which the abundant large specimens, sometime more than 50 cm in diameter, are the most obvious and famous component of the « Dalle ». This work is a monograph dedicated to the « Digne ammonite slab », in which palaeontological, palaeobiogeographical, palaeoecological, stratigraphical and sedimentological aspects are all considered. Although no specimens can deliberately be extracted from this highly protected locality, a morphometric study grounded in a significant set of data collected *in situ* allows the intraspecific variability of *Coroniceras multicoatum* to be explored. The results of this analysis suggest a short deposit duration, in geological terms, for the « Digne ammonite slab » fauna. As an experiment, the « Dalle » was recently 3D scanned and the palaeontological iconography is now composed both of computer-generated images of *in situ* specimens and of photographs of exemplars housed in the RNGHP collections.

Keywords

Ammonites, Early Jurassic, Stratigraphy, Subalpine Basin, Paleobiogeography, Geological heritage.

¹ Centre des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Bourgogne, CNRS/uB, UMR 5561, Biogéosciences Dijon, 6 Boulevard Gabriel, F-21000 Dijon, France. E-mail : Jean-Louis.Dommergues@u-bourgogne.fr

² Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence, Montée Bernard Dellacasagrande, BP 156, F-04005 Digne-les-Bains cedex France. E-mail : m.guiomar@resgeol04.org

I. INTRODUCTION

Dès la fin du XIX^e siècle, le Jurassique inférieur des Alpes de Haute-Provence a fait l'objet de nombreuses études (e.g., HAUG, 1881, 1909; GUÉRIN-FRANIATTE, 1966; ASSENAT, 1972; ASSENAT *et al.*, 1972, GRACIANSKY *et al.*, 1993). Beaucoup de fossiles et notamment de nombreuses espèces d'ammonites sont cités dans certaines de ces publications, mais ils ne sont ni décrits, ni figurés. La seule étude paléontologique relative aux faunes d'ammonites et de bivalves du Lias des Alpes de Haute-Provence est celle de CORNA *et al.* (1990). Dans ce travail, plusieurs coupes du Sinémurien, dont celles du secteur des Isnards et notamment celle de la «Dalle à ammonites de Digne», sont décrites avec la précision du banc et les compositions des assemblages fauniques (ammonites et bivalves) sont souvent analysées de façon quantitative. Les conclusions biostratigraphiques, paléobiogéographiques et paléocéologiques de CORNA *et al.* (1990) restent pour l'essentiel valables et sont, après révision et mises à jour, en partie reprises dans le présent travail. Celui-ci est conçu comme une monographie dédiée au site exceptionnel – tant pour sa valeur patrimoniale que pour son intérêt scientifique – de la «Dalle à ammonites de Digne». Contrairement à la publication de CORNA *et al.* (1990) qui reste surtout descriptive, le présent travail se fonde sur une analyse morphométrique de la variabilité intraspécifique de *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824), espèce qui domine très largement la faune d'ammonites de la «Dalle à ammonites de Digne». Il s'agit d'ailleurs de la seule analyse de ce type consacrée à une espèce d'ammonite de grande taille du Sinémurien. Bien que relativement abondantes au cours de cet étage, de telles formes, parfois géantes et qui appartiennent en général à la famille des Arietitidae, sont en général très difficiles à obtenir en nombre suffisant dans un niveau précis, pour permettre une étude quantitative de la variabilité et/ou de l'ontogenèse. Avec plusieurs centaines de spécimens visibles, la «Dalle à ammonites de Digne» offre une opportunité exceptionnelle pour l'étude de la variabilité d'une espèce dont le diamètre des adultes peut atteindre, voire nettement dépasser, les cinquante centimètres. En outre, des ammonites provenant de, ou situées sur la «Dalle» sont, pour la première fois, illustrées dans une publication scientifique. Cette iconographie comble donc une lacune étonnante de la littérature paléontologique. Elle comprend à la fois des photographies (Pl. I-VI) de spécimens de collections provenant de la «Dalle» et des images de synthèse (Pl. V, VI) obtenues par traitement informatique de modèles numériques saisis directement sur le terrain à l'aide d'un scanner 3D. L'usage de cette méthode non destructive est particulièrement bien adapté au site protégé de la «Dalle de Digne» qui, en raison de son intérêt patrimonial exceptionnel, ne doit faire l'objet d'aucun prélèvement délibéré.

II. CADRES GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

La Dalle à ammonites de Digne est située en rive droite de la Bléone, à moins d'un kilomètre de la sortie nord de la Ville, à proximité du lieu-dit «les Isnards», d'où le nom de «Dalle des Isnards» qui lui est également attribué (e.g. CORNA *et al.*, 1990). Ce secteur (Fig. 1, 2) comporte en fait deux affleurements fossilifères peu éloignés l'un de l'autre, mais appartenant à deux entités tectoniques distinctes : la «Dalle à ammonites» (= Coupe des Isnards) (Fig. 2A, B) et la coupe du ravin du Givaudan (Fig. 2A, D). Ces deux coupes, relativement faciles à corrélérer, fournissent des informations complémentaires. Elles peuvent être facilement comparées en termes paléontologiques, stratigraphiques et paléocéologiques.

1. La «Dalle à ammonites de Digne»

Le site très spectaculaire de la «Dalle à ammonites de Digne», actuellement protégé par la Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence (RNGHP), est une dalle d'environ 320 m². Elle porte plus de 1550 céphalopodes : quelques nautilus et beaucoup d'ammonites, souvent de grande taille, jusqu'à une soixantaine de centimètres de diamètre (Fig. 3). Les loges d'habitation de ces ammonites sont assez souvent, et au moins pour partie préservées, mais elles sont malheureusement fréquemment déformées et très corrodées (Pl. V, fig. 5; Pl. VI, fig. 6). De même les tours internes sont, sauf exceptions, absents, très mal préservés et/ou inclus dans le sédiment. Ce sont surtout les tours moyens (fin du phragmocone et/ou début de la loge d'habitation) qui peuvent être facilement observés et/ou éventuellement mesurés sur la «Dalle de Digne». Les tours internes ont toutefois pu être étudiés à partir de spécimens actuellement conservés dans les collections de la RNGHP. Ces spécimens ont été récoltés lors de plusieurs campagnes d'aménagements et/ou de sauvegarde du site, car ils se désolidarisaient naturellement ou accidentellement de la «Dalle».

L'affleurement est situé en bordure de la route D 900A (Fig. 2A). La «Dalle» proprement dite est l'élément le plus marquant (Fig. 3) d'une série sédimentaire qui, visible sur une quinzaine de mètres d'épaisseur, est limitée à sa base et à son sommet par des failles (Fig. 2B). Bien que très proche du front de chevauchement de la nappe de Digne, la série des Isnards se rattache sans ambiguïté à cette vaste entité allochtone au sein du domaine externe des Alpes occidentales. En termes lithostratigraphiques et paléogéographiques, les dépôts appartiennent au «Lias calcaire» du Bassin subalpin.

Le profil lithologique de la série des Isnards est donné sur la Figure 2B. Il s'agit d'une succession de bancs de calcaires à grain fin, ou de calcaires argileux, gris sombre ou noirâtres, parfois très compacts, à patine gris-foncé, séparés par des interlits marneux en général minces, au moins vers la partie médiane de la série. La morphologie de la surface des bancs est variable, souvent bosselée,

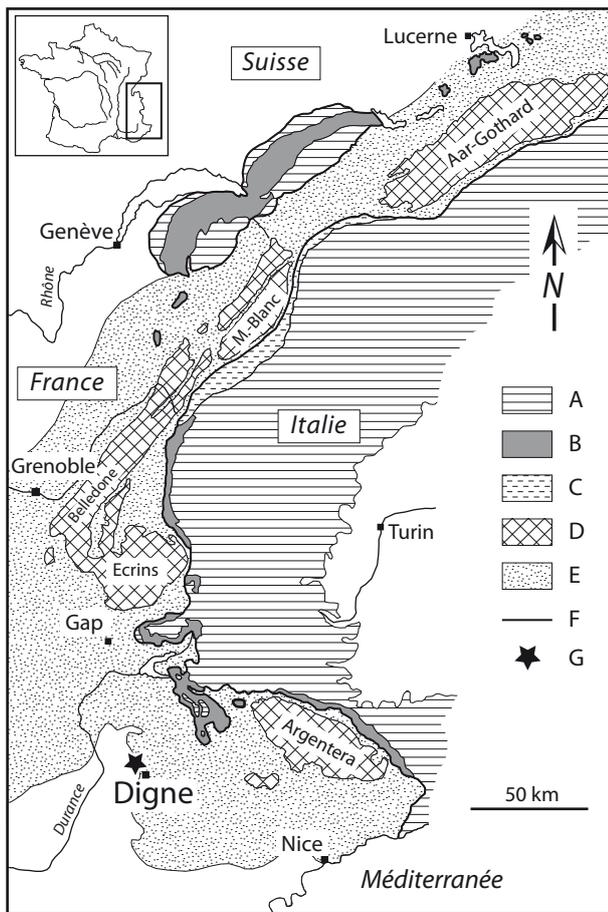


Fig. 1: Localisation de la région de Digne-les-Bains (Alpes de Haute-Provence, France) par rapport aux contextes géographique, géologique et structural des Alpes occidentales. **A.** Domaine interne à l'exclusion des zones subbriançonnaise et valaisanne. **B.** Zone subbriançonnaise (s.l.). **C.** Zone valaisanne. **D.** Massifs cristallins externes. **E.** Domaine externe à l'exclusion des massifs cristallins externes. **F.** Chevauchement pennique frontal (s.l.). **G.** Localisation de la «Dalle à ammonites de Digne» juste au nord de la ville de Digne-les-Bains.

Fig. 1: Location of the fossiliferous «Digne ammonite slab» (Digne-les-Bains, Alpes de Haute-Provence, France) in the geographical, structural, and geological framework of the western Alps. **A.** Internal units excluding the «Subbriançonnaise» and «Valaisanne» zones. **B.** «Subbriançonnaise» zone s.l. **C.** «Valaisanne» zone. **D.** External crystalline massifs. **E.** External units excluding the external crystalline massifs. **F.** Main structural boundary (overthrust) between the internal and external units of the western Alps. **G.** Approximate location of the «Digne ammonite slab», north of Digne-les-Bains.

voire noduleuse (e.g., niveau 45), mais parfois presque lisse (e.g., niveau 62). Les changements lithologiques sont parfois accompagnés de modifications assez sensibles de la composition des faunes et l'on peut envisager des conditions paléocéologiques assez variables, dans le détail et au cours du temps. Les faciès de la série des Isnards suggèrent toutefois des dépôts subpélagiques de type «bassin», relativement profonds et généralement situés sous la limite inférieure d'action des vagues de tempêtes.

Des ammonites ont été récoltées dans cinq niveaux distincts de la série des Isnards (Fig. 2B), mais la faune est principalement abondante et surtout accessible et bien visible au toit du niveau 50 qui correspond à la «Dalle» proprement dite. Les ammonites de la série des Isnards sont essentiellement des Psiloceratoidea (*Arnioceras*, *Angulaticeras* et surtout des *Coroniceras*). Le manque de Phylloceratoidea et de Lytoceratoidea mérite d'être souligné, car le nombre de spécimens pris en compte est considérable et l'absence de ces taxons ne peut pas être imputée à un défaut d'échantillonnage. L'abondance du matériel accessible sur la «Dalle à ammonites de Digne» est exceptionnelle pour un gisement du Sinémurien. Outre les très nombreux céphalopodes qui font la célébrité du site, la «Dalle» porte aussi des bivalves épibenthiques suspensives. Il s'agit surtout de

valves dissociées, déposées à plat et en position stable. Elles sont assez souvent brisées et parfois regroupées, mais rien n'indique le rôle manifeste de courants ce qui s'accorde bien avec un dépôt relativement profond. De même, les coquilles d'ammonites ne montrent pas d'orientation préférentielle. Quoi qu'il en soit, la faune benthique est, avec cinq genres de bivalves (Fig. 2C, diagramme du bas), apparemment plus diversifiée que la faune nectonique s.l. qui ne comporte, par exemple, que deux genres d'ammonites dont l'un (*Coroniceras*) domine très largement (Fig. 2C, diagramme du haut).

2. La coupe du ravin de Givaudan

Située à environ un kilomètre à l'WNW du site de la «Dalle à ammonites de Digne» (Fig. 2A), en rive gauche du ruisseau de Givaudan (petit affluent intermittent de la Bléone), cette coupe expose des dépôts appartenant à l'une des nombreuses écaïlles de bordure du front de chevauchement de la nappe de Digne. Comme cela est fréquemment le cas dans ces écaïlles, la série est globalement plus réduite et plus biodétritique que dans la nappe proprement dite à laquelle se rattache par contre la coupe des Isnards. Malgré ces différences d'ordre tectonique et sans doute aussi paléogéographique,

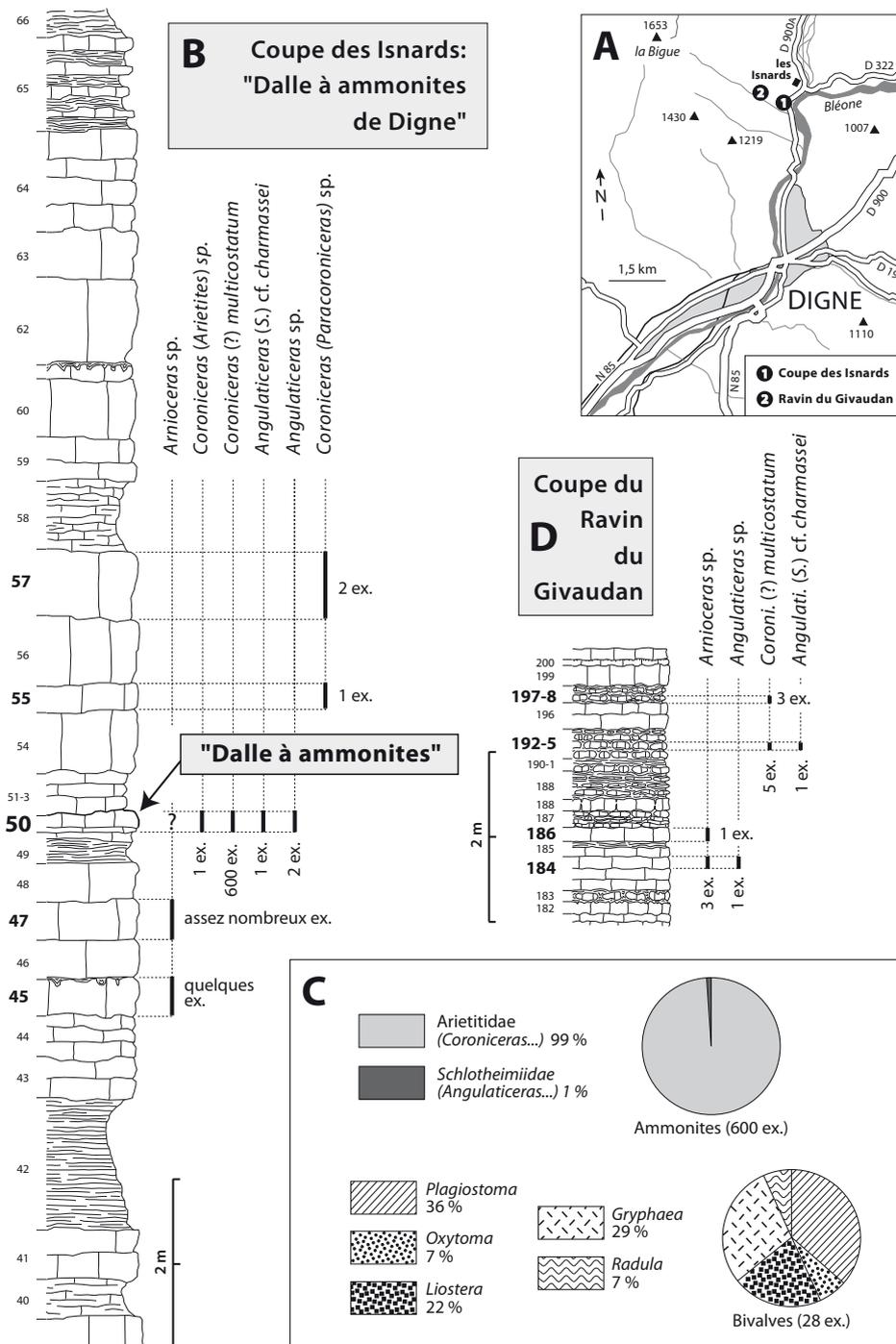


Fig. 2: Localisations, profils lithologiques (érosion) et contenus fauniques des affleurements d'âge Sinémurien inférieur du secteur des Isnards au nord de Digne-les-Bains (Alpes de Haute-Provence) en rive droite de la Bléone (d'après CORNA *et al.*, 1990, modifié). **A.** Localisation des sites fossilifères, (1) «Dalle à ammonites de Digne», (2) coupe du ravin du Givaudan. **B.** La coupe des Isnards, profil lithologique et distribution des espèces d'ammonites (la position de la «Dalle» [partie supérieure du niveau 50] est indiquée par une flèche); le nombre d'exemplaires récoltés et/ou observés est indiqué en regard des barres symbolisant la présence des taxons. **C.** Compositions fauniques de la «Dalle à ammonites de Digne» exprimées en pourcentages des différents genres d'ammonites et de bivalves. **D.** La coupe du ravin du Givaudan, profil lithologique (érosion) et distribution des espèces d'ammonites.

Fig. 2: Locations of the two fossiliferous outcrops situated in the Isnards area (Digne-les Bains, Alpes de Haute-Provence, France) with lithographic columns (erosion profiles) and faunal successions for the two sections. **A.** Sketch map showing the locations of the fossiliferous outcrops. **B.** Lithographic column (erosion profile) and faunal succession of the Isnards section including the «ammonite slab» (top of bed 50). **C.** Ammonite and bivalve assemblages observed on the «Digne ammonite slab». **D.** Lithographic column (erosion profile) and faunal succession of the section which crops out in the Givaudan Ravine.

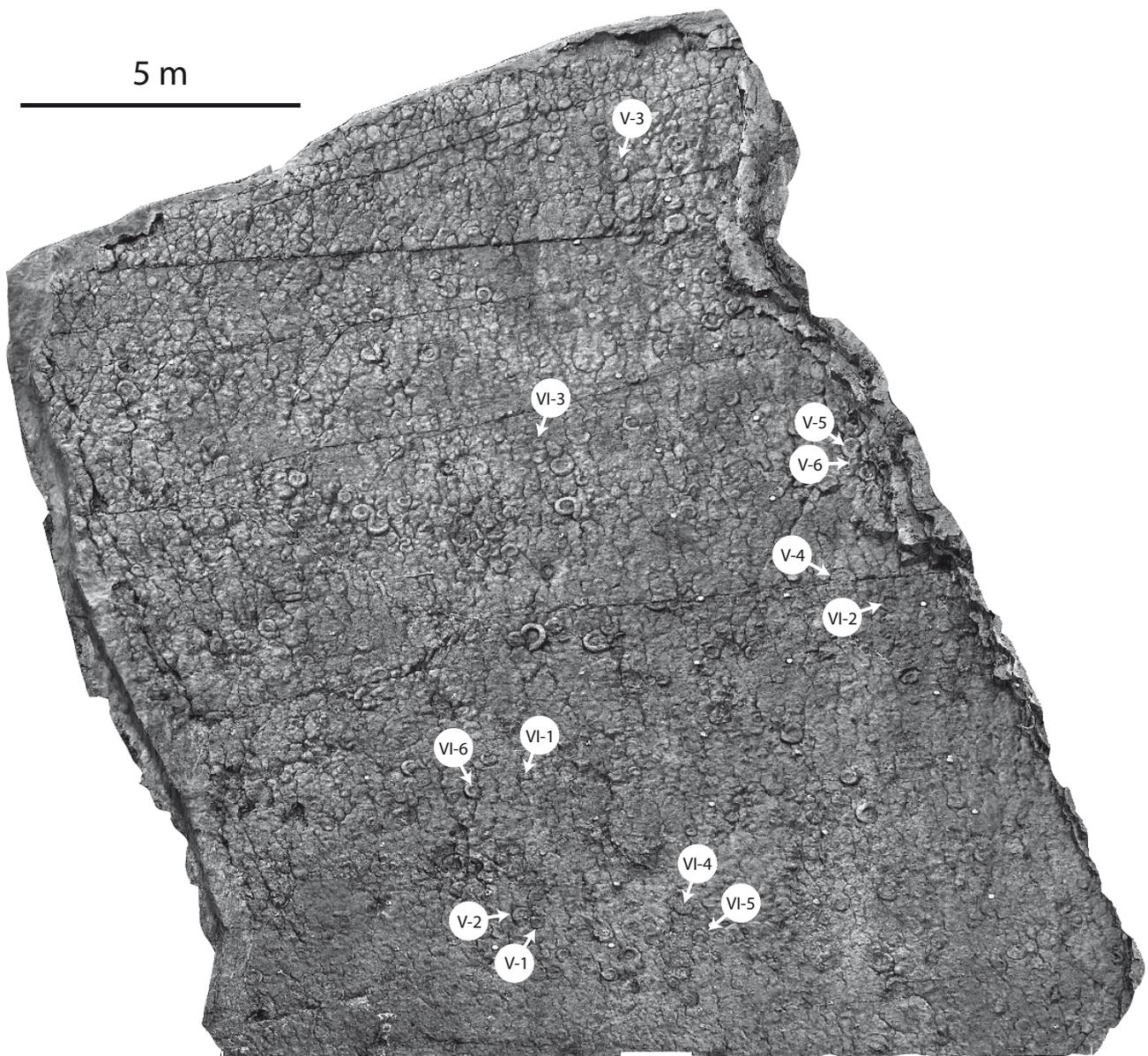


Fig. 3: Aspect de la «Dalle à ammonites de Digne» avant le début des travaux de mise en sécurité entrepris au cours de l'été 2009. Cette image de synthèse a été obtenue à partir de données collectées par E. VARREL (Société ATM3D) à l'aide d'un Scanner 3D contrôlé par laser. L'image de la «dalle» est numériquement redressée pour limiter l'effet de la perspective et permettre une meilleure observation de la partie supérieure. Les localisations des ammonites illustrées sous forme d'images de synthèse sur les Planches V et VI sont précisées par des flèches blanches. Pour chacune de ces ammonites, le numéro de la planche et celui de la figure sont indiqués dans un disque blanc.

Fig. 3: Computer-generated image of the «Digne ammonite slab». This image is constructed from data collected with a 3D scanner. It shows the appearance of the slab just before the work undertaken for safety reasons during the summer of 2009. The image of the slab is adjusted to avoid the effect of perspective. The locations of the ammonites illustrated as computer-generated images in Plates V and VI are pinpointed by white arrows. For each ammonite the number of the plate and that of the figure are indicated in a white disc.

on observe, dans le ravin du Givaudan, des dépôts d'âges comparables à ceux de la série des Isnards et en particulier à ceux de la «Dalle à ammonites». Dans la série du ravin du Givaudan et entre deux niveaux calcaires dont les surfaces sommitales perforées peuvent servir de repères (niveaux 182 et 200) se développent trois mètres d'alternances de marnes et de calcaires noirs en bancs massifs ou dissociés en nodules de tailles très variables (Fig. 2D). *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) espèce la plus caractéristique de la «Dalle à ammonites» est présente dans le niveau 192-5 de cette coupe du ravin du Givaudan.

III. IMPORTANCE PATRIMONIALE ET PRÉSERVATION (M. GUIOMAR)

1. La «Dalle à ammonites de Digne» et le patrimoine géologique en France et dans le monde.

Le site de la «Dalle à ammonites de Digne» est le site majeur de la RNGHP. Il a été au cœur du projet de création de la «Réserve géologique» vers la fin des années 1970. À cette époque, la route passait au pied de l'affleurement et moins d'un quart de la surface fossilifère était alors visible (Fig. 4A, B). La découverte d'un squelette d'ichthyosaure, à dix kilomètres de là, a conforté l'intérêt paléontologique des environs de Digne et les deux sites ont motivé le projet de conservation des fossiles *in situ* à des fins de valorisation pour le public. Le premier chantier de fouille, mené en 1979 par l'équipe de préfiguration de la Réserve sur la «Dalle», a permis de mettre au jour environ 600 ammonites sur 160 m². La route a alors été déviée et le site sommairement aménagé (Fig. 4C).

Le site était devenu suffisamment spectaculaire pour marquer les esprits et servir d'exemple pour défendre et revendiquer la protection des sites géologiques, localement et à l'échelle nationale. En 1976, une loi sur la protection de la nature avait permis la création des premières réserves naturelles nationales (JONIN, 2007), mais ce texte avait omis le monde minéral. Quelques fervents défenseurs des sites géologiques entamèrent un rude combat pour que soit pris en considération le patrimoine géologique. La première réserve géologique (i.e. Saucats-La Brède dans le département de la Gironde au sud de Bordeaux) a été créée en 1982 et celle de Haute-Provence en 1984, avec 18 sites géologiques. La «Dalle à ammonites de Digne» classée en Réserve Naturelle Nationale, bénéficie depuis cette date d'une protection réglementaire forte. En 1989, un arrêté préfectoral a défini un périmètre de protection réglementant le prélèvement des fossiles sur un vaste territoire autour de Digne. Ce périmètre s'est agrandi à la demande des communes et s'étend en 2010 sur 2300 km². La coupe de Givaudan étant située à l'intérieur de ce périmètre, toute extraction de fossiles est soumise à autorisation (pour toute information : www.resgeol04.org).

Le premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique organisé à Digne par la Réserve en 1991 (MARTINI, 1994) a largement contribué à faire connaître la structure et son site emblématique. C'est d'ailleurs à l'occasion de ce symposium qu'à l'échelon national, le terme « patrimoine géologique » a pris tout son sens.

La publicité faite autour de la «Dalle à ammonites de Digne» a fait connaître cette dernière par-delà les frontières. Ainsi, en 1992, un moulage de la Dalle a été réalisé pour la Ville de Kamaishi au Japon. Ce moulage se trouve aujourd'hui protégé au sein d'un musée qui a été construit à cet effet.

La Dalle de Digne est régulièrement évoquée, ou citée en exemple, par tous ceux qui s'intéressent au patrimoine géologique en France ou ailleurs dans le monde.

Elle est également au cœur d'un projet de développement touristique qui s'est développé pour donner naissance, en 2000, au réseau des European Geoparks. La RNGHP, membre fondateur de ce réseau avec trois autres territoires européens, est également labellisée « Global Geopark » (MARTINI & ZOUROS, 2008); elle contribue ainsi à promouvoir ses richesses géologiques d'un « bout à l'autre » de la planète. Qui connaîtrait Digne sans la «Dalle à ammonites» ?

2. La Conservation de la «Dalle à ammonites de Digne»

Comme tout affleurement exposé naturellement à l'air libre, la «Dalle à ammonites de Digne» subit les agressions des agents météoritiques (Fig. 4D, E). À la fois pour la protéger et pour lui offrir une meilleure mise en valeur, la RNGHP, a élaboré au fil des années, plusieurs projets de musée.

Le premier est né à la suite du moulage de la dalle pour le Japon. Guy MARTINI, alors directeur de la réserve, avait imaginé la construction d'un grand musée, conçu comme un écrin. Il devait abriter non seulement le site, mais aussi des espaces d'animation, d'exposition et de conférence. La surface fossilifère devait être agrandie et passer de 320 à 1500 m²; pour atteindre cet objectif, des chantiers de fouilles devaient être menés au cours de plusieurs années à l'intérieur même de la structure.

En 1994, dans le cadre de travaux de préfiguration du musée, et d'un programme «Tempus», un chantier de fouilles a été organisé sur le site, avec la participation de l'Université de Bucarest. La surface dégagée de la «Dalle» a été multipliée par deux ainsi que le nombre de ses ammonites.

Pour diverses raisons, le musée n'a pas vu le jour, et les ammonites et autres fossiles jusque-là protégés sous les couches sédimentaires ont été livrés aux intempéries, tout comme ceux de la surface initiale (Fig. 4C-E).

Une seconde opportunité pour relancer le projet de musée s'est présentée avec le Pôle d'Excellence Rural

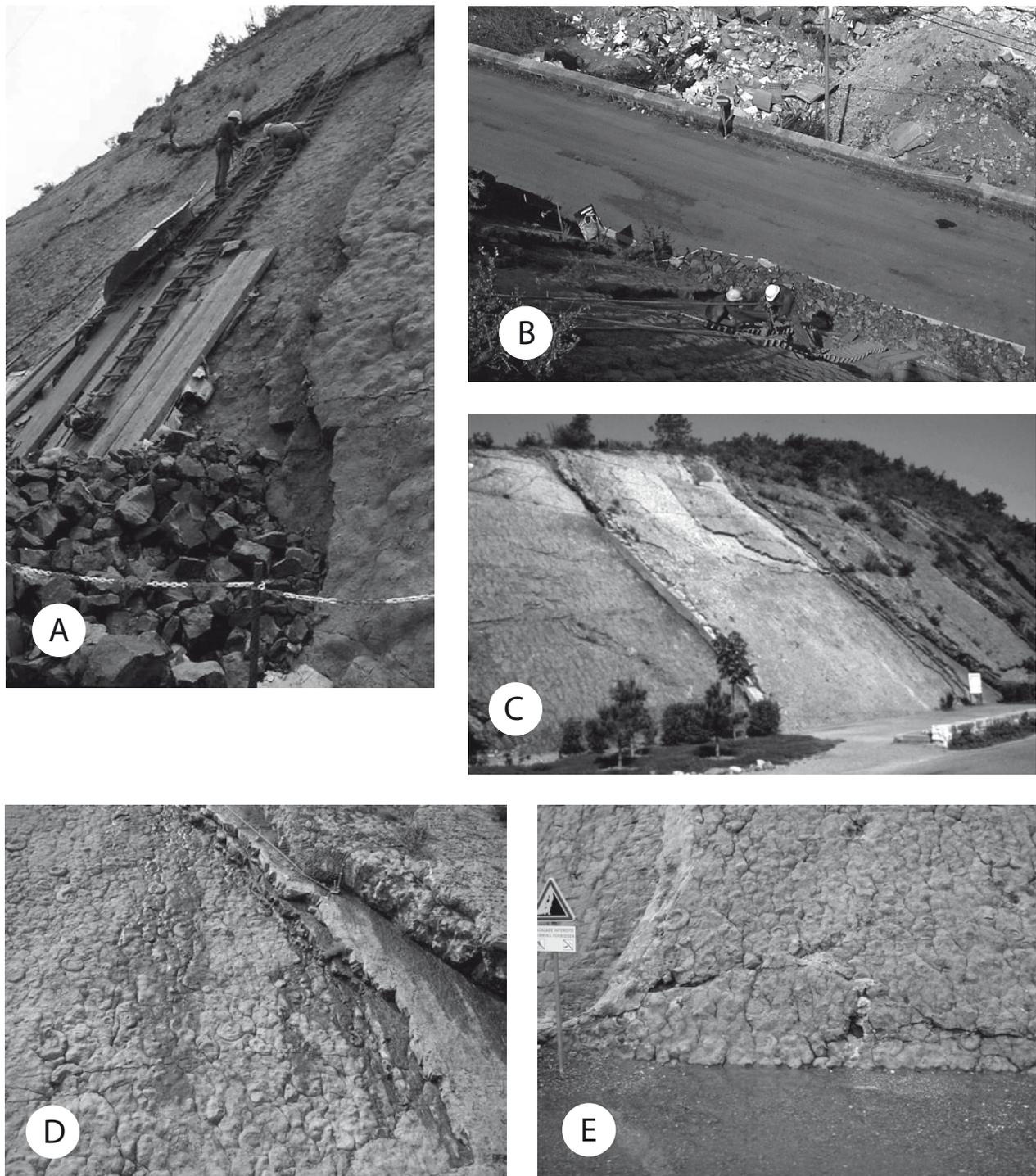


Fig. 4: Les premières étapes de mise en valeur de la «Dalle à ammonites de Digne»

A, B. Les travaux du premier chantier en 1979. La route départementale n'est pas encore déviée et la décharge de Digne est visible de l'autre côté de la chaussée. C. L'état de la «Dalle» en 1993. La route est maintenant déviée, mais les ammonites ne sont encore visibles que dans la partie inférieure de l'affleurement. D, E. L'état de la «Dalle» en 2008 (Photos M. GUIOMAR). On observe de nombreux ruissellements en surface de la «Dalle» à partir des surplombs et des trous qui se sont formés et/ou agrandis en laissant apparaître les marnes sous-jacentes. Le pied de la «Dalle» est mal drainé et retient l'eau.

Fig. 4: The early steps of enlargement and improvement of the «Digne ammonite slab». A, B. The first work on the site in 1979. The departmental road is not yet diverted and the Digne town dump is still visible on the other side of the road. C. The condition of the site in 1993. The road is now diverted but ammonites are only exposed on the lower part of the outcrop. D, E. The condition of the site in 2008 (Photos M. GUIOMAR). Drippings, originating from the overhanging beds, are visible on the surface of the slab. In addition, holes, revealing the underlying marls, have appeared and are growing. The bottom of the slab is poorly drained and retains water.

(PER) du Pays Dignois. Dans ce cadre, l'Europe, l'État, la Région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA), le Département des Alpes de Haute-Provence et la Ville de Digne, ont financé la «première phase du Musée de la Dalle». Cette première étape a consisté en une série d'études et de travaux visant à réaliser des opérations de conservation, à améliorer la connaissance du site (sur les plans scientifique et technique), et à concevoir le projet de musée de site (GUIOMAR, 2009).

L'étude, présentée ici, a été financée par le PER du Pays

Dignois de même que la réalisation des scans 3D de la dalle et de certaines de ses ammonites.

Des travaux de terrassements et de «déroctage» ont été menés dans l'environnement immédiat du site à des fins de drainage et de sécurisation. La «Dalle» quant à elle a fait l'objet d'une série d'interventions pour sa stabilisation et sa restauration (Fig. 5). Ces opérations devraient assurer la conservation à court terme de la couche fossilifère, c'est-à-dire, jusqu'à la construction de sa couverture.



Fig. 5: Le chantier de sécurisation, de conservation et de mise en valeur de la «Dalle» en 2009. **A.** Le début du chantier en 2009 (Photo M. GUIOMAR). **B.** Vue panoramique du chantier (photo J. BOURIDEYS). Sur la gauche, des protections recouvrent les ammonites et sur la droite une pelle-araignée effectue le déroctage des surplombs. **C.** Le site de la «Dalle à ammonites» à l'issue du chantier de 2009.

Fig. 5: The work undertaken in 2009 to improve the safety of the site and the preservation of the slab. **A.** The beginning of the work in 2009. **B.** Panoramic view of the work (photo J. BOURIDEYS). On the left, ammonites are covered and protected and on the right, a spider walking excavator removes the overhanging rocks. **C.** The site at the end of the work in 2009.

Le projet de musée a évolué ; s'il est toujours d'actualité de protéger le site des agressions climatiques, et principalement des effets de l'eau et du gel, il n'est plus question de construire un bâtiment. Une structure «légère» est envisagée pour assurer la mise hors d'eau du site. Cette couverture (toit) offrirait un meilleur respect du cadre naturel de la «Dalle» tout en la laissant libre d'accès. Un bureau d'architectes a mené l'étude de faisabilité du projet, incluant la protection du site et la requalification des environs de la dalle.

Le nouveau projet doit à présent être élaboré en détail, puis être soumis à l'avis du Conseil National de la Protection de la Nature.

IV. PALÉONTOLOGIE

1. Analyse morphométrique des *Coroniceras* de la «Dalle de Digne»

Pour des raisons évidentes de préservation du site d'intérêt patrimonial exceptionnel que constitue la «Dalle à ammonites de Digne», la plupart des ammonites étudiées ici n'ont pas pu être extraites de leur gangue puis préparées et étudiées avec toutes les facilités habituelles. De plus, l'impossibilité d'observer la face inférieure des ammonites – éventuellement mieux conservée que la face supérieure, qui est la plus exposée à la corrosion – a sensiblement limité la quantité et surtout la qualité des informations disponibles. Malgré ces difficultés, une étude morphométrique partielle reste possible à condition d'utiliser des techniques d'alpinisme pour accéder aux spécimens les mieux préservés et pour pouvoir saisir, dans de relativement bonnes conditions un nombre assez important de paramètres morphométriques.

La faune de céphalopodes de la «Dalle à ammonites» comprend quelques nautilus (*Cenoceras* sp.) et plusieurs centaines d'ammonites (≈ 1550 exemplaires dénombrés en 1994) (Fig. 2C). Parmi ceux-ci, on compte quelques rares *Angulaticeras* du groupe d'A. (*Sulciferites*) *chamassei* (ORBIGNY, 1844) et surtout une quantité impressionnante d'Arietitidae appartenant au genre *Coroniceras*. Ce sont ces formes évolutives, souvent de grande taille (pouvant dépasser les 50 centimètres de diamètre) qui font la célébrité du site de la «Dalle à ammonites de Digne» (Fig. 3). La présente analyse morphométrique leur est consacrée. Les mesures ont été prises et vérifiées en 1994 à la faveur des fouilles menées pour dégager la partie haute du site. L'étude concerne l'ensemble des spécimens de *Coroniceras* accessibles à cette époque, et suffisamment bien conservés, pour permettre la saisie (de façon raisonnablement fiable), de la totalité, ou à défaut, de la plupart des paramètres morphométriques retenus pour l'analyse. Quarante-deux spécimens de *Coroniceras*, de tailles très variables, ont ainsi pu être mesurés sur la «Dalle à ammonites». Dans d'assez nombreux cas, et chaque fois que cela a

été possible, deux séries de mesures, correspondant à deux diamètres différents, ont été saisies sur un même spécimen.

Idéalement, et dans la mesure du possible, un ensemble de onze mesures a été pris pour un spécimen donné et à un diamètre donné (Fig. 6). En plus du diamètre de la coquille, qui sert de standard pour la taille, et qui permet de replacer toutes les observations dans leur contexte ontogénétique, quatre paramètres ont été saisis pour caractériser la géométrie de la coquille, et six autres pour préciser les principales caractéristiques de l'ornementation (densité de la costulation, allure du tracé costal et aspect de l'aire ventrale). L'ensemble des données ainsi obtenues a été traité comme un tout, sans présupposition préalable de l'existence d'une seule ou de plusieurs espèces (ou morphotypes?) au sein des *Coroniceras* présents sur la «Dalle à ammonites».

Les paramètres relatifs au mode d'enroulement de la coquille sont le diamètre de la coquille (**D**), celui de l'ombilic (**O**), la hauteur du tour (**H**) et la demi-épaisseur du tour ou épaisseur latérale (**El**) mesurée perpendiculairement au plan de symétrie entre la carène et les flancs (Fig. 6A). Ce dernier paramètre est assez difficile à mesurer. Il a néanmoins été choisi en remplacement de la mesure de l'épaisseur (**E**) car la face inférieure des ammonites de la «Dalle» est insérée dans la gangue. En plus de ces paramètres, l'angle ventro-latéral (**Avl**) correspond à l'angle formé par la coquille au niveau de l'épaulement ventro-latéral (**evl**) (Fig. 6A). Ce paramètre apporte des informations sur l'aspect, plus ou moins élevé ou au contraire déprimé, de la région ventrale.

Les paramètres relatifs à l'ornementation concernent essentiellement la costulation. La distance intercostale (**Dic**) est une mesure de la densité costale. Elle correspond à la distance mesurée entre deux épaulements ventro-latéraux (**evl**) successifs (Fig. 6B). Pour éviter l'influence de variations ponctuelles dans l'espacement des côtes, les valeurs de (**Dic**) introduites dans l'analyse sont des moyennes correspondant à des séries de mesures prises entre cinq côtes successives. La forme du tracé costal est prise en compte par quatre paramètres, deux longueurs et deux angles. La longueur du segment latéral de la côte ou «longueur de la côte latérale» (**Lcl**) est mesurée entre la suture ombilicale (**su**) et l'épaulement ventro-latéral (**evl**) (Fig. 6A, B). La longueur du segment ventro-latéral de la côte ou «longueur de la côte ventrale» (**Lcv**) est mesurée entre l'épaulement ventro-latéral (**evl**) et la terminaison de la côte ventrale (**tcv**) (Fig. 6A, B). L'angle de la côte latérale (**Acl**) (Fig. 6A) et l'angle de la côte ventrale (**Acv**) (Fig. 6B) quantifient respectivement l'importance de la rétroversion du segment latéral de la côte et l'intensité de la cambrure de la côte au niveau de l'angulosité ventro-latérale. En plus des paramètres liés à la costulation, la largeur du sillon ventral (**Lsi**) (Fig. 6A) a été mesurée pour tenir compte, au moins partiellement, de l'ornementation ventrale qui est constituée d'une

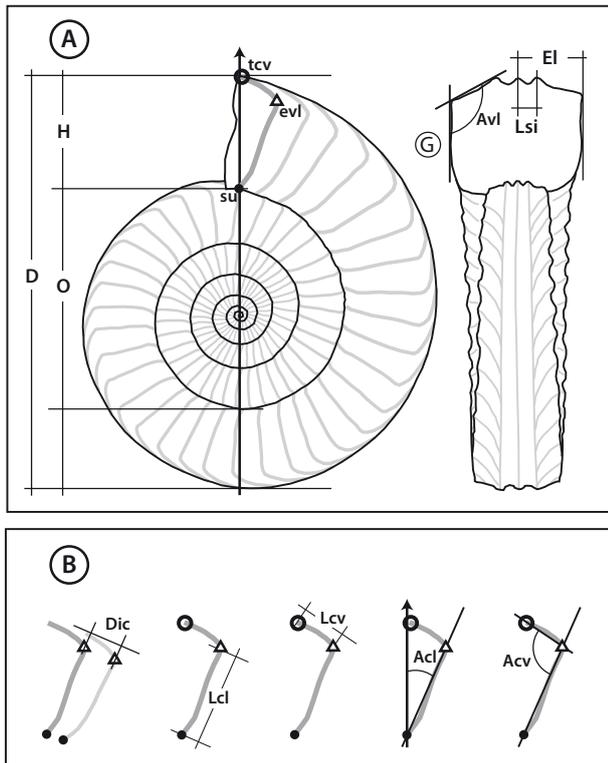


Fig. 6: Principales mesures de longueur et d'angle prises sur 82 spécimens bien ou relativement bien conservés de la «Dalle à ammonites de Digne». **A.** La géométrie de la coquille et/ou la forme de la section du tour sont caractérisées par le diamètre de la coquille (**D**), par le diamètre de l'ombilic (**O**), par la hauteur du tour (**H**), par la demi-épaisseur du tour ou épaisseur latérale (**El**), par l'angle ventro-latéral (**Avl**) et par la largeur du sillon ventral (**Lsi**). Trois points homologues permettent de préciser le tracé costal. Il s'agit du point de départ de côte au niveau de la suture ombilicale (**su**) (= point noir), de l'épaulement ventro-latéral (**evl**) (= triangle) et de la terminaison de la côte ventrale (**tcv**) (= cercle noir). **B.** Les caractères liés à la costulation sont caractérisés par la distance intercostale (**Dic**) prise entre deux (**evl**) successifs, par la longueur du segment latéral de la côte ou «longueur de la côte latérale» (**Lcl**) prise entre (**su**) et (**evl**), par la longueur du segment ventro-latéral de la côte ou «longueur de la côte ventrale» (**Lcv**) prise entre (**evl**) et (**tcv**), par l'angle de la côte latérale (**Acl**) et par l'angle de la côte ventrale (**Acv**).

Fig. 6: Main measurements, linear distances and angles, taken *in situ* on a set of 82 well-preserved specimens situated on the «Digne ammonite slab». These measurements characterise both the shell geometry and the ornamentation s.l. (rib outline and ventral ornamentation).

carène bordée de deux sillons assez profonds et bien individualisés chez les *Coroniceras*.

En dehors des mesures angulaires (**Acl**), (**Acv**) et (**Avl**), qui sont des indices de forme indépendants de la taille de l'exemplaire considéré, tous les autres paramètres (**O**), (**H**), (**Lcl**), (**Lcv**), (**El**), (**Lsi**) et (**Dic**), sont des mesures linéaires dont les valeurs dépendent de la taille du spécimen mesuré. Ces mesures linéaires ne sont donc pas en elles-mêmes exploitables, comme le sont des indices de forme. Il est nécessaire de les diviser par un indice de taille non équivoque, comme le diamètre de la coquille (**D**), pour obtenir des rapports utilisables. Ainsi, dans la suite de l'analyse, (**O**), (**H**), (**El**), (**Lsi**) et (**Dic**) seront toujours exprimés en pourcentage du diamètre et (**Lcl**), (**Lcv**) en pourcentage de la hauteur du tour. En outre, et pour permettre de comprendre les transformations morphologiques intervenant au cours de l'ontogenèse les mesures angulaires et les rapports de mesures linéaires peuvent être distribués en fonction du diamètre (**D**) dans des diagrammes bivariés comme sur les Figures 7 et 8.

Les *Coroniceras* présents sur la «Dalle» sont des ammonites dont la géométrie des coquilles est intermédiaire entre les types morphologiques platycône et serpenticonne (*sensu* OLORIZ *et al.*, 2002, fig. 2). Il s'agit de formes franchement évoluées, à ombilic largement ouvert. Les diagrammes illustrant les distributions des rapports $O/D\%$ et $H/D\%$ en fonction du diamètre (Fig. 7A, B) montrent toutefois qu'il existe au sein du peuplement de la «Dalle à ammonites de

Digne» une variabilité sans doute intraspécifique assez importante. Les valeurs du rapport O/D varient en effet de façon relativement homogène entre 40 et 56 % du diamètre et de façon comparable celles du rapport H/D qui varient entre 25 et 40%. L'amplitude de la variation semble de plus dépendre en partie de la croissance de la coquille. La variation atteint une amplitude maximum entre 15 et 25 cm de diamètre puis elle diminue ensuite sensiblement et seules des formes franchement évoluées (subserpenticônes), à ombilic très ouvert et à hauteur (et sans doute aussi épaisseur) relativement faible persistent vers les grands diamètres. Bien que difficile à mesurer de façon rigoureuse sur les ammonites de la «Dalle», l'épaisseur latérale (**El**) donne des résultats assez comparables à ceux obtenus avec (**O**) et (**H**). Le rapport $El*2/D\%$ distribué en fonction du diamètre (Fig. 7C) montre qu'il existe une variabilité importante et que l'amplitude de la variation tend à diminuer au-delà de 15 à 20 cm de diamètre. Aucune mesure d'épaisseur (**El**) n'a malheureusement pu être prise au-delà de 35,5 cm de diamètre. Les mesures obtenues pour les plus petits diamètres sont peu fiables et elles sont seulement indiquées à titre indicatif. Leurs valeurs marginales et curieusement faibles restent à confirmer.

L'angulosité ventro-latérale (**Avl**) fournit des informations sur la morphologie plus ou moins surbaissée de l'aire ventrale qui est d'allure grossièrement tectiforme chez les *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites». Dans le cas de ce paramètre, et comme pour ceux étudiés

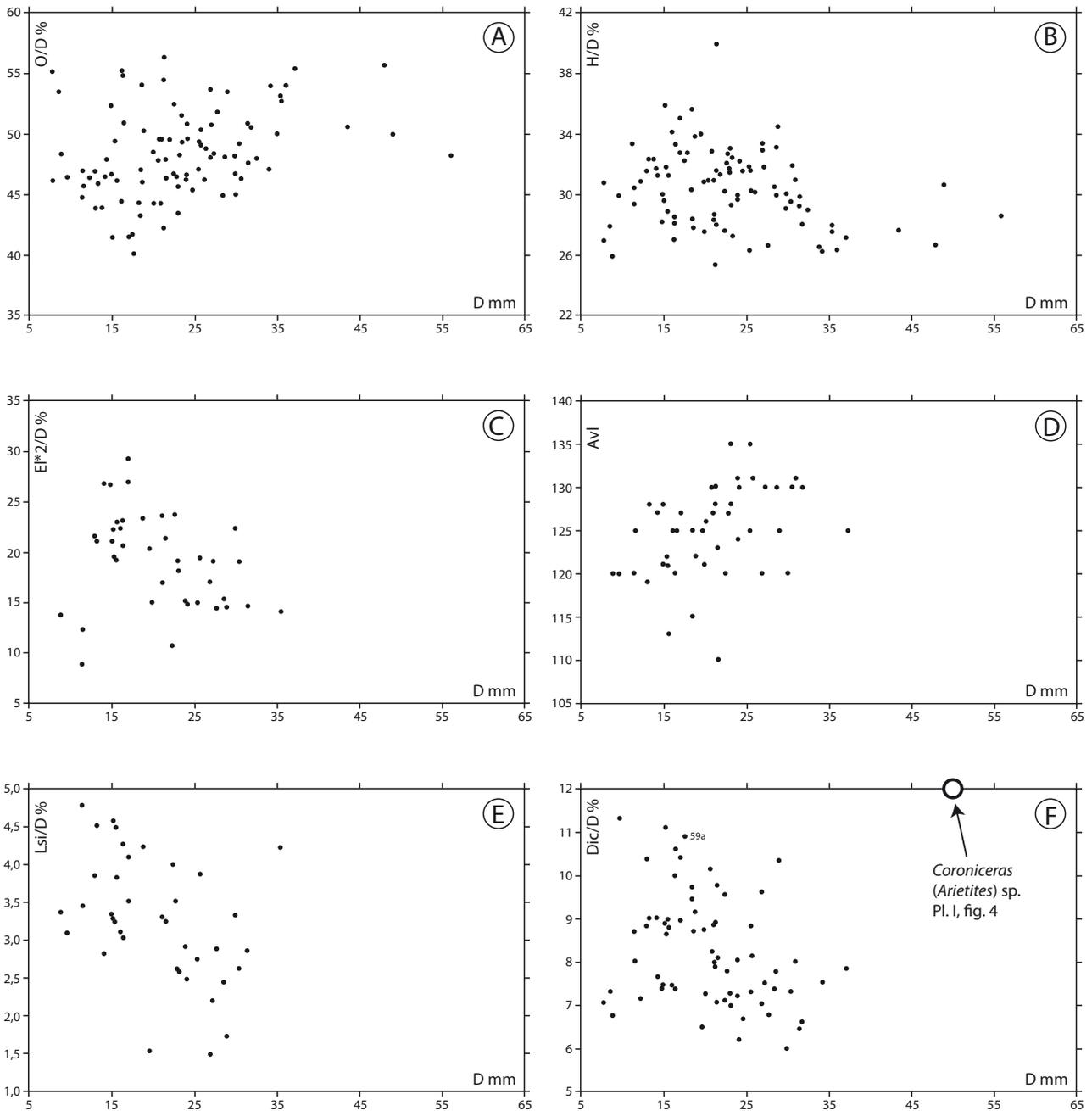


Fig. 7: Diagrammes de dispersion [A] du diamètre de l'ombilic divisé par le diamètre de la coquille (O/D %), [B] de la hauteur du tour divisé par le diamètre de la coquille (H/D %), [C] du double de la demi épaisseur du tour divisé par le diamètre de la coquille (Elx2/D %), [D] de l'angle ventro-latéral (Avl), [E] de la largeur du sillon ventral divisé par le diamètre de la coquille (Lsi/D %) et [F] de la distance intercostale divisée par le diamètre de la coquille (Dic/D %) en fonction du diamètre de la coquille (D). Les rapports sont exprimés en pourcentage. L'analyse est fondée sur un échantillon de 82 spécimens de *Coronicerus (?) multicostratum* mesurés en place sur la «Dalle à ammonites de Digne». Pour certains spécimens la série de mesures est incomplète. Pour permettre une comparaison graphique directe, la distance intercostale divisée par le diamètre de la coquille (Dic/D %) du spécimen de *Coronicerus (Arietites)* sp. illustré Pl. V, fig. 4 est projetée sur le diagramme F.

Fig. 7: Plots of [A] umbilical width (O/D %), [B] whorl height (H/D %), [C] twice half-whorl width (Elx2/D %), [D] ventro-lateral angle (Avl), [E] width of the ventral furrow (Lsi/D %) and [F] intercostal gap (Dic/D %), as ratio of shell diameter for the linear measurements, vs shell diameter. The analysis is grounded in a sample of 82 specimens of *Coronicerus (?) multicostratum* measured *in situ*. In some cases some measurements are missing. To allow a graphic comparison the intercostal gap (Dic/D %) of the specimen of *Coronicerus (Arietites)* sp. illustrated Pl. V, fig. 4 is also given in diagram F.

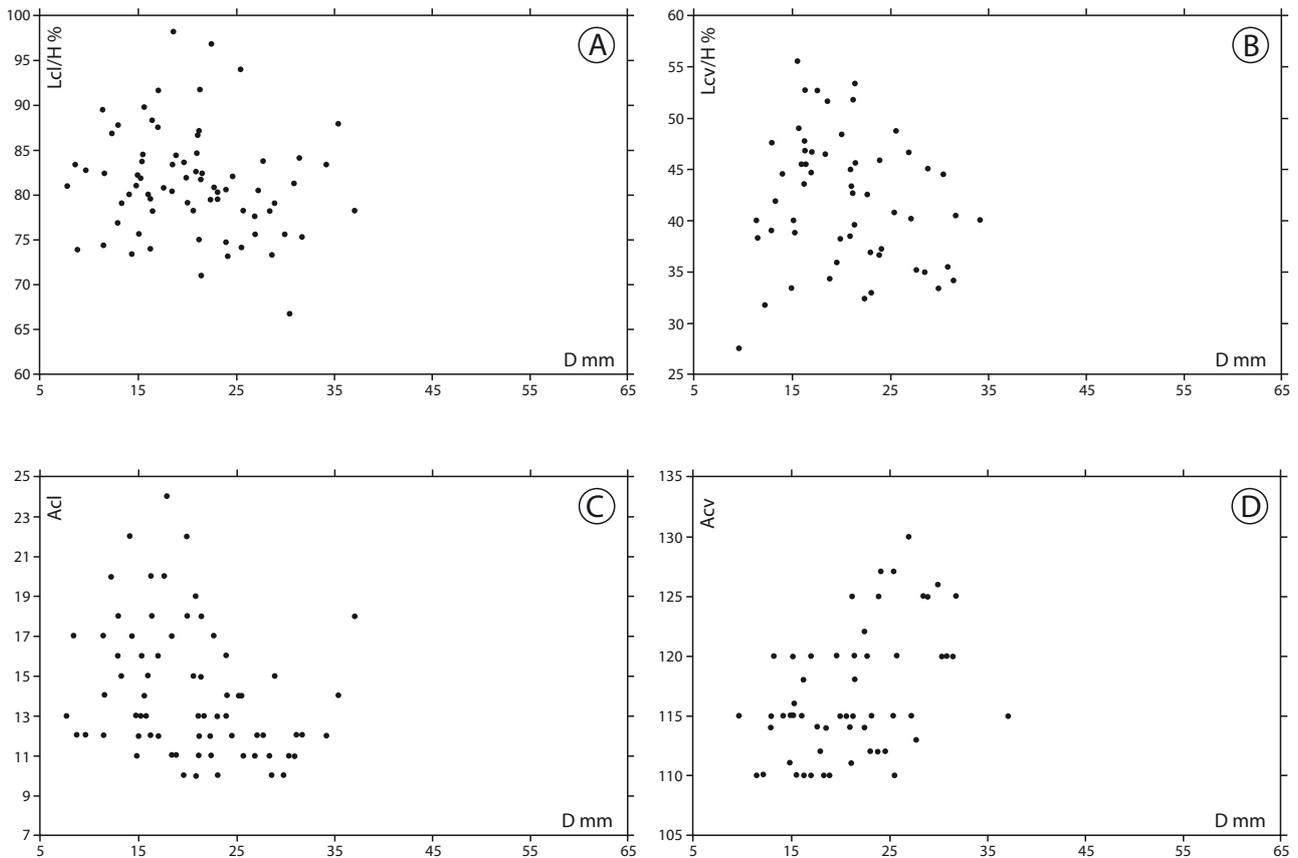


Fig. 8: Diagrammes de dispersion [A] de la longueur de la côte latérale divisée par la hauteur du tour (Lcl/H %), [B] de la longueur de la côte ventrale divisée par la hauteur du tour (Lcv/H %), [C] de l'angle de la côte latérale (Acl) et [D] de l'angle de la côte ventrale (Acv) en fonction du diamètre de la coquille (D). Les rapports sont exprimés en pourcentage. L'analyse est fondée sur un échantillon de 82 spécimens de *Coronicerus (?) multicostratum* mesurés in place sur la «Dalle à ammonites de Digne». Pour certains spécimens, la série de mesures est incomplète.

Fig. 8: Plots of [A] length of the lateral segment of the rib (Lcl/H %), [B] length of the ventral segment of the rib (Lcv/H %), [C] angle of the lateral segment of the rib (Acl) and [D] angle of the ventral segment of the rib (Acv), as ratio of whorl height for the linear measurements, vs shell diameter. The analysis is grounded in a sample of 82 specimens of *Coronicerus (?) multicostratum* measured *in situ*. In some cases some measurements are missing.

précédemment, la variation, est assez importante, mais plutôt homogène. Elle semble varier discrètement au cours de la croissance. Aux grands diamètres, e.g. vers 30 cm, les aires ventrales tendent à être moins déprimées qu'aux petits diamètres, e.g. vers 15 cm.

La largeur du sillon ventral (Lsi) est un paramètre relatif à l'ornementation spirale qui est formée d'une carène bordée de deux sillons. La distribution du rapport $Lsi/D\%$ en fonction du diamètre (Fig. 7E) révèle une variabilité importante et assez confuse, mais la répartition des points est plutôt homogène. Les plus faibles valeurs du rapport $Lsi/D\%$ sont associées à quelques formes d'assez grandes tailles. Il semble exister une certaine tendance à la diminution de la largeur relative des sillons au cours de la croissance, mais le plus grand des spécimens (35,5 cm de diamètre) échappe à cette tendance.

La distance intercostale (Dic) est une mesure de la densité de costulation. La distribution du rapport $Dic/D\%$ en

fonction du diamètre (Fig. 7F) révèle une forte variabilité. La structure du nuage de points est confusément réticulée, mais rien ne suggère l'existence de plusieurs groupes morphologiques clairement distincts au sein du peuplement de la «Dalle à ammonites». Il n'existe pas de relation claire entre la densité de costulation et l'ontogénèse.

L'allure du tracé costal est l'un des aspects de l'ornementation les plus utilisés en systématique des Ammonites. Dans les cas des *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites», le tracé des côtes est relativement simple et il est possible de le décomposer en deux segments clairement distincts, en se fondant sur la possibilité de localiser trois points homologues (landmarks). Entre l'amorce de la côte au voisinage de la suture ombilicale (point **su**) (Fig. 6A) et jusqu'à l'épaule ventrolatérale (point **evl**) (Fig. 6A), où le tracé costal montre toujours une forte angulosité en changeant brusquement

de direction, on peut distinguer un segment interne (ou latéral) de la côte. Entre l'épaulement ventro-latéral (**evl**) et la terminaison de la côte au niveau (ou à l'abord immédiat) du sillon qui borde la carène (point **tcv**) (Fig. 6A), on peut reconnaître un segment externe (ou ventral) de la côte. Ces deux segments peuvent être facilement caractérisés par leurs longueurs respectives (**Lcl**) et (**Lcv**) et par leurs orientations qui sont assez faciles à quantifier par de simples mesures d'angles, respectivement (**Acl**) et (**Acv**). Pour tenir compte de leur forte corrélation avec la taille des spécimens étudiés, les mesures de longueurs des segments de la côte doivent être exprimées sous forme de rapports, $Lcl/H\%$ et $Lcv/H\%$ (Fig. 8A, B). Dans ce cas, la hauteur du tour, plutôt que le diamètre total de la coquille, a été choisie pour diviser les mesures des longueurs des segments, car les rapports ainsi obtenus traduisent explicitement l'allure du tracé costal. Comme pour les paramètres liés à la géométrie de la coquille, ceux associés à la costulation (i.e., $Lcl/H\%$, $Lcv/H\%$, **Acl** et **Acv** distribués en fonction du diamètre) (Fig. 8A-D) révèlent une variation assez importante, pas ou peu influencée par la croissance, mais plutôt homogène. Il n'existe en effet aucune partition évidente des nuages de points.

Ainsi, et si l'on tient compte de l'ensemble des analyses bivariées considérées précédemment (Fig. 7, 8), la population de *Coroniceras* mesurés sur la «Dalle à ammonites» peut être vue comme appartenant à une seule entité spécifique, certes assez variable, mais plutôt homogène. Sans être négligeables, les variations liées à l'ontogénèse sont en général discrètes et elles correspondent le plus souvent et essentiellement à une diminution de l'amplitude de la variabilité au cours de la croissance.

Pour chercher à mieux comprendre la structure de la variation exprimée par le peuplement de *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites», une analyse multivariée (Analyse en Composante Principale **ACP**) a été effectuée sur la base d'un échantillon d'effectif réduit (39 individus) et en tenant compte de seulement 7 paramètres (O/D , H/D , Dic/D , Lcl/H , Lcv/H , **Acl**, **Acv**). La réduction du nombre d'individus et de paramètres est imposée par l'impossibilité de disposer de séries de mesures complètes pour l'ensemble des 82 spécimens mesurés. Malgré ces contraintes, la matrice réduite, utilisée pour le calcul de l'ACP, est un échantillonnage suffisamment informatif pour l'analyse d'une population relativement homogène comme celle des *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites».

La Figure 9 illustre la distribution des 39 individus dans les plans factoriels 1-2 (Fig. 9A) et 1-3 (Fig. 9B). De plus, la projection «Biplot» des variables sur les mêmes graphiques permet de comprendre aisément l'influence des différents paramètres sur la distribution des individus dans les plans factoriels. Le calcul de l'ACP et la projection «biplot» ont été effectués avec le logiciel PAST 1.81 (HAMMER *et al.*, 2001). Les contributions

des axes factoriels 1, 2 et 3 à la variance totale sont directement indiquées et exprimées en % sur les abscisses et les ordonnées de la Figure 9.

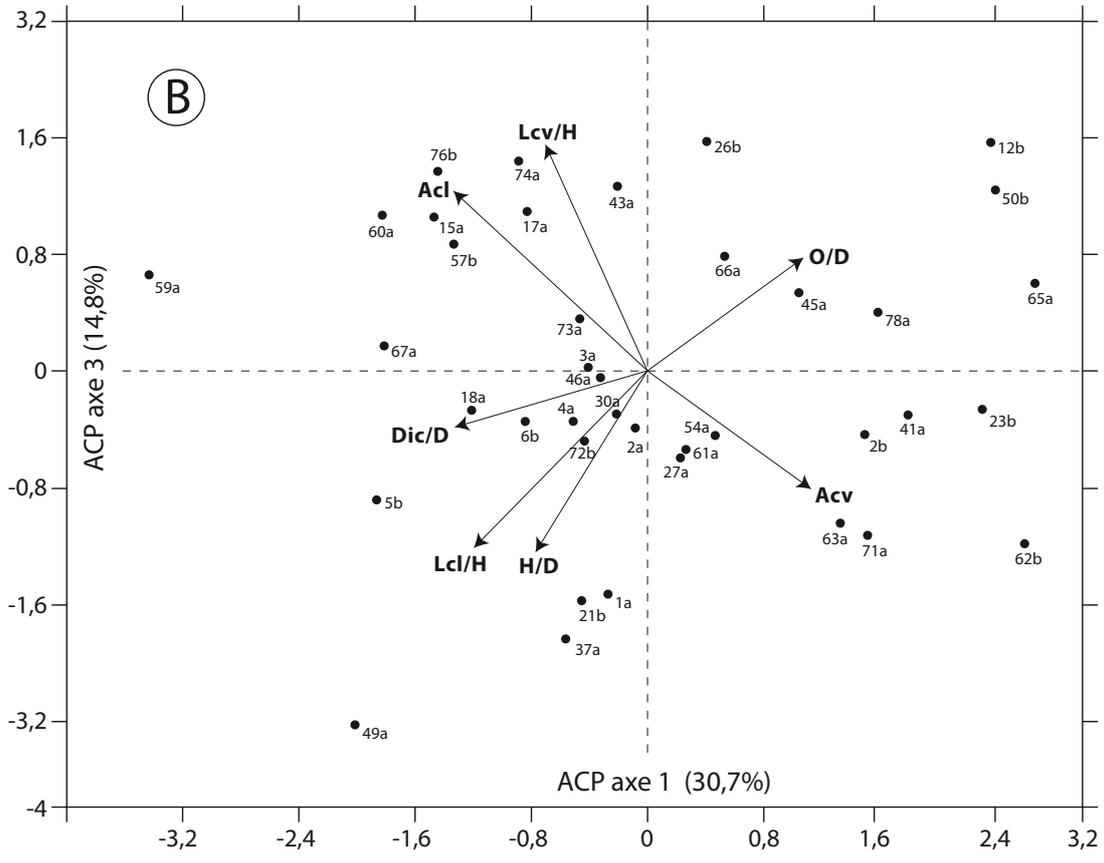
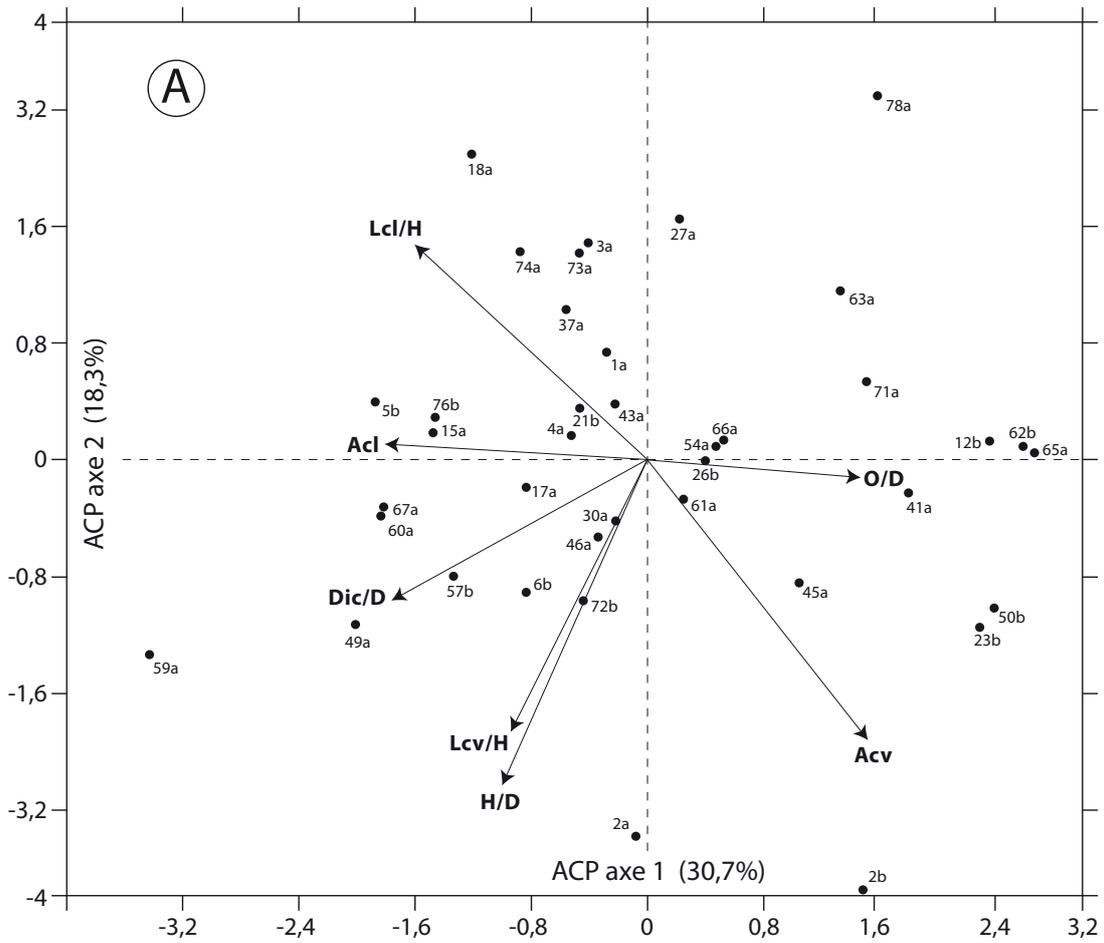
Tant pour le plan factoriel 1-2 que pour le plan 1-3, les distributions des individus sont – si l'on exclut quelques individus marginaux (borderlines) (e.g., 59a, 78a pour le plan factoriel 1-2 et 59a, 49a, 12b, 62b pour le plan factoriel 1-3) – relativement homogènes. Il n'apparaît aucune partition évidente des nuages de points en sous-ensembles clairement individualisés. Par ailleurs, et tant pour le plan factoriel 1-2 que pour le plan 1-3, les projections des variables montrent que les contributions des différents paramètres sont relativement homogènes dans leurs forces (longueurs des vecteurs) et distribuées sans orientation préférentielle (directions des vecteurs). Il n'y a pas de regroupements évidents en faisceaux (éventuellement opposés), qui pourraient indiquer un nombre important de corrélations. Au contraire, la distribution des individus dans le nuage de points (plan 1-2 ou 1-3) résulte de facteurs agissant de façon assez indépendante dans la plupart des directions du plan. Concrètement, ce type de distribution suggère une variabilité intraspécifique, éventuellement importante, mais surtout relativement confuse avec des individus susceptibles de montrer des assemblages de caractères très variés et éventuellement originaux. Rien n'évoque en tous cas la présence de plusieurs espèces contemporaines et/ou stratigraphiquement successives. Le peuplement de *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites de Digne» semble donc bien correspondre à une seule espèce et à une période brève, sans condensation au sens biostratigraphique du terme.

2. Systématique

Remarques: Les taxons traités dans la partie systématique de ce travail se limitent à la faune associée à la «Dalle à ammonites de Digne» et aux niveaux qui l'encadrent. Les mêmes taxons se retrouvent aussi dans la coupe du ravin du Givaudan située à proximité du site des Isnards (Fig. 2).

Classe Cephalopoda CUVIER, 1798
Sous-classe Ammonoidea ZITTEL, 1884
Ordre Psiloceratida HOUSA, 1965
 Emendé DOMMARGUES (2002)
Superfamille Psiloceratoidea HYATT, 1867
 (*sensu* GUEX, 1995)
Famille Schlotheimiidae SPATH, 1923
Genre *Angulaticeras* QUENSTEDT, 1883

Espèce type: *Ammonites lacunatus* J. BUCKMAN, 1844, par désignation subséquente, LANGE, 1924 (ICZN Opinion 324).



Sous-genre *Sulciferites* SPATH, 1922

Espèce type: *Schlotheimia sulcifera* S.S. BUCKMAN, 1911 (= *Ammonites sulcatus* J. BUCKMAN, 1844, non SIMPSON, 1843), par désignation originale.

***Angulaticeras (Sulciferites) cf. charmassei* (ORBIGNY, 1844)**

cf. 1844. *Ammonites Charmassei* D'ORBIGNY, pl. 91, fig 1-5 (non pl. 92, 1-2).

Remarques: Bien qu'essentiellement constituée d'Arietitinae et plus particulièrement de *Coroniceras* (environ 600 exemplaires), la faune d'ammonites de «Dalle» comprend aussi trois spécimens attribuables au sous-genre *Angulaticeras (Sulciferites)* (Fig. 2). Ces *Schlotheimiidae* à coquille comprimée assez involute sont malheureusement assez mal conservés. Ils sont difficiles à déterminer au niveau de l'espèce. L'un d'entre eux a cependant pu être rapproché du groupe d'A. (*S. charmasseiceras* (ORBIGNY, 1844) pris au sens large (CORNA *et al.*, 1990). Cette espèce en particulier, et le sous-genre *Angulaticeras (Sulciferites)* plus généralement, sont des taxons dont la présence est classique dans la sous-chronozone à Bucklandi du NW de l'Europe et notamment dans le biohorizon à *multicostatum* mais dans ces niveaux, les *Schlotheimiidae* semblent toujours rester relativement rares et ils sont beaucoup moins abondants que les Arietitidae.

Superfamille Arietitoidea HYATT, 1867/74

sensu GUEX (1995)

Famille Arietitidae HYATT, 1867/74**Sous-famille Arietitinae HYATT, 1867/74**

(incl. *Arnioceratinae* SPATH, 1924)

Genre *Arnioceras* HYATT, 1867

Espèce type: *Arnioceras cuneiforme* HYATT, 1867, par désignation subséquente, (ICZN opinion 307).

***Arnioceras* sp.**

Remarques: Le genre *Arnioceras* regroupe de petits Arietitinae à coquilles platycones évolutives caractérisées

par un stade juvénile lisse qui précède l'apparition d'une costulation qui est d'aspect souvent rigide et tranchant. La détermination spécifique de ces formes est délicate et elle demande un matériel à la fois bien conservé, suffisamment abondant et stratigraphiquement bien calé pour pouvoir apprécier la variabilité intraspécifique. Ces conditions ne sont malheureusement pas réunies dans le secteur étudié.

Le genre *Arnioceras* apparaît au cours de la sous-chronozone à Bucklandi. La présence d'*Arnioceras* dans des niveaux sous-jacents à la «Dalle à ammonites» n'est donc pas surprenante, mais il est intéressant de noter que les *Arnioceras* semblent manquer sur la «Dalle» elle-même et dans les niveaux sus-jacents qui sont datés de la base de la sous-chronozone à Lyra, période au cours de laquelle les *Arnioceras* sont pourtant souvent abondants.

Genre *Coroniceras* HYATT, 1867

(syn. *Arnioceratoides* SPATH, 1925, obj.)

Espèce type: *Ammonites kridion* ZIETEN, 1830, par désignation subséquente, BONARELLI, 1900, (ICZN opinion 324)

Remarque: L'acceptation du genre *Coroniceras* et celles des taxons qui lui sont parfois, voire souvent associés, comme sous-genres (e.g., *Arietites* WAAGEN, 1869, *Paracorniceras* SPATH, 1922, *Pararnioceras* SPATH, 1922, *Megarrietites* SPATH, 1922, *Eucorniceras* SPATH, 1922, *Metophioceras* SPATH, 1922, *Epammonites* SPATH, 1922, *Primarietites* BUCKMAN, 1926) sont mal stabilisées dans la littérature. Ce fait est la conséquence de plusieurs facteurs dont les deux plus importants sont i) la difficulté d'interprétation de l'espèce type, *Ammonites kridion* ZIETEN, 1830, qui est fondée sur un spécimen de petite taille (nucléus?) alors que la plupart des *Coroniceras* sont des formes de grande taille et ii) la carence d'hypothèses convaincantes relatives aux relations phylétiques qui relient les différentes espèces de grands Arietitinae du Sinémurien inférieur. Dans son acceptation la plus fréquente, le genre *Coroniceras* est utilisé pour désigner la majeure partie des Arietitidae de grande taille propre aux sous-chronozones à Rotiforme, Bucklandi et Lyra. Mais le genre *Coroniceras* peut aussi inclure des formes de la sous-chronozone à Conybeari (e.g., GUÉRIN-FRANCIATTE, 1966). Lorsqu'il est employé,

Fig. 9: Analyse en composantes principales (ACP) calculée avec le logiciel PAST 1.81 (HAMMER *et al.*, 2001) pour 7 des paramètres mesurés sur 39 spécimens de *Coroniceras (?) multicostatum* de la «Dalle à ammonites de Digne». La géométrie de la coquille est caractérisée par (O/D) et (H/D), la densité de la costulation par (Dic/D) et le tracé costal par (Lcl/H), (Lcv/H), (Acl) et (Acv). Diagrammes de double projection (Biplot) pour les plans factoriels 1-2 [A] et 1-3 [B]. Les flèches représentent les paramètres mesurés et les points noirs les individus.

Fig. 9: Principal component analysis (PCA) computed with PAST 1.81 (HAMMER *et al.*, 2001) for 7 parameters measured on 39 specimens of *Coroniceras (?) multicostatum* of the «Digne ammonite slab». The shell coiling is illustrated by (O/D) and (H/D) and the ribbing pattern by (Dic/D), (Lcl/H), (Lcv/H), (Acl) and (Acv). Biplot for the factorial planes F1 vs. F2 [A] and F1 vs. F3 [B]. Arrows represent the measured parameters and black dots the specimens.

le sous-genre nominal *C. (Coroniceras)* est souvent réservé aux seules formes particulièrement évoluées et vigoureusement tuberculées de la sous-chronozone à Rotiforme. L'attribution au genre *Coroniceras*, des ammonites les plus abondantes de la «Dalle à ammonites de Digne» (i.e., *C. multicosatum* [J. de C. SOWERBY, 1924]) est conforme à l'acception la plus habituelle du genre, mais il ne nous semble pas pertinent d'envisager pour l'instant l'usage d'un sous-genre pour préciser les affinités de cette espèce qui restent encore mal comprises. Les relations entre *Coroniceras multicosatum* et d'autres formes de la chronozone à Bucklandi souvent attribuées au genre (ou au sous-genre) *Arietites* (e.g., *Arietites bucklandi* [J. SOWERBY, 1816], *A. ? bisulcatus* BRUGUIÈRE, 1989) restent notamment à préciser.

Sous-genre à préciser

Coroniceras (?) *multicosatum* (J. de C. SOWERBY, 1824)

Pl. I, fig. 1, 2; Pl. II, fig. 1-4; Pl. III, fig. 1, 2; Pl. IV, fig. 1-3; Pl. V, fig. 1, 2, 3-6; Pl. VI, fig. 1-6; Fig. 10

1824. *Ammonites multicosata* J. de C. SOWERBY, pl. 1824.
 1867. *Ammonites bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– DUMORTIER, pl. 2.
 ? 1867. *Ammonites bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– DUMORTIER, pl. 3, fig. 1-3.
 1878. *Arietites bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– WRIGHT, pl. 3, fig. 1-3.
 1879. *Ammonites multicosatus* SOWERBY.– REYNÈS, pl. 25, fig. 1-2.
 1879. *Ammonites Vercingetorix* REYNÈS, pl. 20, fig. 8-9, pl. 26, fig. 1-4 (= lectotype).
 ? 1914. *Arietites bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– SCHMIDT, pl. 1, fig. 4-7, pl. 2, fig. 1-2. (= *Coroniceras lyra* [HYATT, 1868] d'après GUÉRIN-FRANCIATTE [1966])
 1929. *Arietites Bucklandi multicosatum* (SOWERBY).– FIEGE, pl. 4, fig. 8.
 ? 1959. *Coroniceras bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– VIALLI, pl. 15, fig. 7.
 1966. *Coroniceras multicosatum* (J. de C. SOWERBY).– GUÉRIN-FRANCIATTE, pl. 29-32 (pl. 31 = holotype).
 1966. *Coroniceras vercingetorix* (REYNÈS).– GUÉRIN-FRANCIATTE, pl. 33 (= lectotype), 34.
 1997a. *Coroniceras multicosatum* (SOWERBY).– CORNA *et al.*, pl. 5, fig. 8-9.
 ? 1985. *Arietites bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– CORNA, pl. 5, fig. 3-4.
 1990. *Coroniceras multicosatum* (SOWERBY).– CORNA *et al.*, pl. 3, fig. 1.
 2003. *Coroniceras multicosatum* (SOWERBY).– COLBACH *et al.*, fig. 8.
 ? 2003. *Coroniceras (Arietites) aff. bisulcatus* (BRUGUIÈRE).– MEISTER & FRIEBE, pl. 4, fig. 8-9.

Description: *Coroniceras multicosatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) est une forme de grande taille dont le diamètre adulte peut dépasser 50 cm. La variabilité intraspécifique, partiellement dépendante

de l'ontogenèse, est assez importante et plutôt confuse comme l'a démontré une analyse morphométrique portant sur 82 spécimens de la «Dalle à ammonites» et impliquant 11 mesures linéaires et/ou angulaires (Fig. 6-9). La description proposée ici concerne surtout les tours moyens (vers 15 à 25 cm de diamètre) qui présentent souvent des caractères bien marqués. Elle ne peut tenir compte de l'ensemble de la variation exprimée par l'espèce, mais les résultats de l'analyse quantitative (Fig. 7-9) la complètent.

La coquille évolutive est subplatycône, avec une section des tours sub-quadrique presque toujours un peu déprimée et relativement large, d'allure massive. Le recouvrement des tours successifs est faible et l'ombilic assez profond est largement ouvert (Fig. 7A). L'aire ombilicale arrondie passe progressivement aux flancs. Il n'y a pas de rebord ombilical différencié. Les flancs sub-parallèles sont faiblement ou à peine bombés entre les côtes, mais un peu déprimés à leur niveau. Le rebord ventro-latéral est particulièrement bien matérialisé au niveau des côtes où l'on observe un brusque épaulement renforcé par un tubercule ou une nodosité en général bien visible et perceptible même sur le moule interne. L'aire ventrale relativement basse est, entre le rebord ventro-latéral et la bordure des sillons qui bordent la carène, confusément tectiforme. La carène, toujours bien individualisée, mais peu tranchante, est un peu plus élevée que les marges des sillons qui la bordent. Ceux-ci, en général assez étroits, mais nettement creusés et bien définis, confèrent à l'aire ventrale une allure tricarénée bisulquée. La costulation vigoureuse et en général assez dense (Fig. 7F) est constituée de côtes saillantes d'allure souvent un peu pincée. Elles apparaissent progressivement vers le tiers inférieur de l'aire ombilicale et se renforcent rapidement en passant sur les flancs où leur tracé, presque tendu ou à peine flexueux, est toujours plus ou moins rétroverse (Fig. 8C). Les côtes sont nettement saillantes vers le tiers inférieur des flancs, mais leur relief s'affaiblit ensuite vers le tiers supérieur, puis se renforce à nouveau à l'approche du tubercule ventro-latéral où le relief maximum est atteint (Fig. 10). Au-delà de ce point (**evl**) et en passant sur l'aire ventrale, les côtes se projettent brusquement vers l'avant en dessinant un segment cintré, d'allure crescentique, qui rejoint progressivement et en s'affinant, la bordure des sillons où il finit par disparaître.

Remarques: Comme nous l'avons vu précédemment, la variabilité intra-spécifique de *Coroniceras multicosatum* est importante, plutôt confuse et mal structurée. L'une des expressions marginales et spectaculaires de cette variabilité correspond à des formes souvent de grandes tailles, à costulation particulièrement dense et en général franchement rétroverse. De telles formes (e.g., Pl. VI, fig. 5) peuvent être attribuées à, ou rapprochées de l'espèce de REYNÈS (1879), *C. vercingetorix* qui est donc considérée ici comme synonyme de *C. multicosatum*. Les spécimens à costulation plus lâche

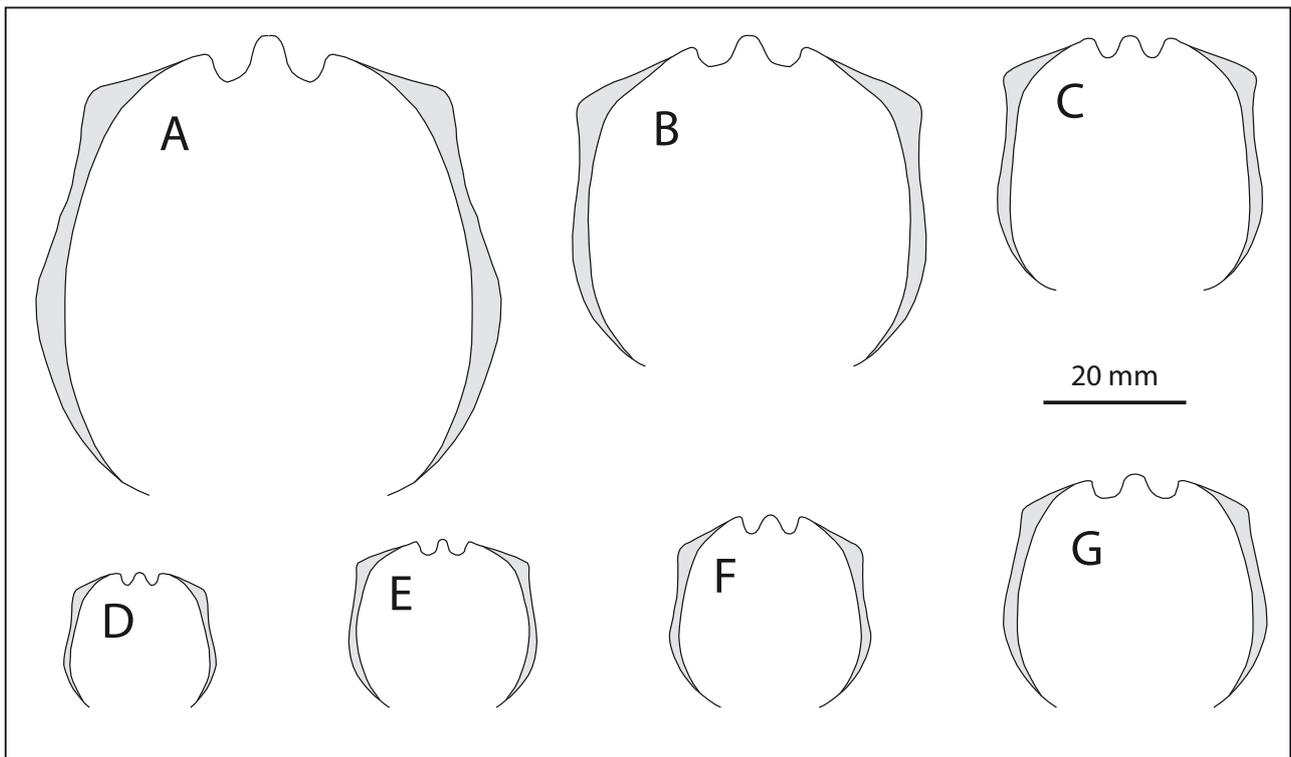


Fig. 10: Sections des tours schématiques de six spécimens de *Coronicerias multicosatum* provenant de la «Dalle à ammonites de Digne». Les sections ont été saisies parallèlement au segment latéral des côtes qui sont toujours plus ou moins rétroverses chez *C. multicosatum*. Les sections ne sont donc pas radiales et les hauteurs apparentes des tours dépendent pour partie de l'obliquité des côtes : plus la côte est oblique plus la section paraît haute. Tous ces spécimens sont également illustrés sur les Planches I-IV.

A. RNGHP 010001 (Pl. I, fig. 1 ; Pl. II, fig. 1). B. RNGHP 010002 (Pl. III, fig. 1). C. RNGHP 010003 (Pl. II, fig. 2). D. RNGHP 010004 (Pl. II, fig. 3). E. RNGHP 010005 (Pl. III, fig. 2). F. RNGHP 010006 (Pl. IV, fig. 1). G. RNGHP 010007 (Pl. IV, fig. 2).

Fig. 10: Whorl sections of six specimens of *Coronicerias multicosatum* from the «Digne ammonite slab». The sections are drawn in parallel with the usually rursiradiate lateral segment of the rib. Consequently, the sections are not strictly radial and the height of the whorls is partly biased (augmented) depending on rib obliquity. All these specimens are illustrated in Plates I-IV.

et moins rétroverse, voire subradiale (e.g., Pl. V, fig. 1), ont par contre des habitus moins remarquables et leur détermination est parfois source d'ambiguïté. Des confusions sont notamment possibles avec les formes du groupe de *Coronicerias* (*Arietites* ?) aff. *bisulcatus* (BRUGUIÈRE, 1789), espèce très mal définie à l'origine (BRUGUIÈRE, 1789, p. 39, n° 13), mais pour laquelle GUÉRIN-FRANIATTE, 1966, p. 112, pl. 5) a désigné un néotype au sein de la collection d'ORBIGNY. En se fondant sur les caractères exprimés par ce néotype qui correspondent bien, d'après GUÉRIN-FRANIATTE, 1966), à la description de BRUGUIÈRE (1789), la principale différence entre *C. multicosatum* et *C. (A. ?) bisulcatus* serait essentiellement liée à la présence ou à l'absence respective de tubercules au niveau de l'angulosité ventro-latérale de la côte. En dehors de ce caractère ornemental, le mode d'enroulement de la coquille et surtout l'allure déprimée de la section des tours, considérée par GUÉRIN-FRANIATTE (1966, 1994) comme l'un des traits diagnostiques de *C. (A. ?) bisulcatus*, ne nous semblent,

par contre, pas pouvoir servir de base à une distinction objective des deux espèces. Plus généralement, il semble que l'absence de tubercules ventro-latéraux soit un caractère essentiel (voir peut-être le seul) pour permettre l'identification du genre (ou du sous-genre) *Arietites*. Ce caractère mérite toutefois d'être traité avec prudence car, même si le néotype de *C. (A. ?) bisulcatus* figuré par GUÉRIN-FRANIATTE (1966, pl. 112, 1994, pl. 15, fig. 1) ne porte effectivement pas de tubercules ventro-latéraux clairement individualisés, il montre des épaulements franchement saillants au niveau de l'angulosité ventro-latérale où les côtes d'allure pincée atteignent leur relief maximum. L'appréciation de l'absence ou de la présence de tubercules peut donc se révéler délicate, et elle demande, en tout cas, une bonne préservation du matériel, ce qui est loin d'être le cas pour beaucoup d'ammonites de la «Dalle à ammonites». Il est de plus possible que certains spécimens puissent exprimer des tubercules à peine individualisés et donc difficiles à distinguer d'une angulosité ventro-latérale saillante.

Si l'on se base uniquement sur des spécimens bien préservés, les *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites de Digne» sont des formes assez clairement tuberculées au niveau du rebord ventro-latéral et ceci jusqu'à de grands diamètres. À l'exception d'un seul spécimen à ornementation particulièrement massive illustré Pl. V, fig. 4, la présence d'*Arietites sensu* GUÉRRIN-FRANIATTE (1966) semble donc pouvoir être écartée dans ce gisement. Si l'on exclut le groupe de *C. (A. ?) bisulcatus*, un autre taxon proche de *C. multicostratum* est *C. lyra* HYATT, 1867 (= *C. reynesi* SPATH, 1923). Chez cette espèce qui atteint également de grandes tailles, les tubercules ventraux latéraux ne sont bien exprimés que dans les tours internes (souvent jusque vers une vingtaine de centimètres de diamètre). Les tubercules s'estompent ensuite sur les tours moyens et ils sont généralement absents sur la loge d'habitation. De plus, chez cette espèce, l'ornementation est en général moins vigoureuse que chez *C. multicostratum* et la section des tours est souvent plus comprimée avec parfois, et au moins vers la fin de la croissance, des flancs qui convergent sensiblement vers le ventre. Aucun des *Coroniceras* de la «Dalle à ammonites» n'exprime de tels caractères qui évoquent déjà ceux des *Coroniceras (Paracorniceras)* de la chronozone à *Semicostatum*. La présence de *C. lyra* semble exclue au sein de la faune de la «Dalle à ammonites de Digne», mais il faut rappeler que les tours internes tuberculés de *C. multicostratum* et ceux de *C. lyra* sont parfois difficiles à distinguer et que les deux espèces peuvent être confondues aux petits diamètres.

Âge et répartition : *Coroniceras multicostratum* est une forme dont la présence dans les séries fossilifères se limite à un bref acmé, souvent spectaculaire, qui fournit un indice biostratigraphique fiable et commode. Lorsque le contexte stratigraphique permet d'exclure tout risque de condensation, l'acmé de *C. multicostratum* correspond souvent à un banc unique qui succède à l'acmé des grands «*Arietites*» (e.g., *C. «A.» bucklandi* J. SOWERBY, 1816, *C. [A.] scunthropense* SPATH, 1924) et précède les niveaux à *C. lyra*.

C. multicostratum est une forme souvent abondante. Comme c'est le cas sur la «Dalle à ammonites de Digne», l'espèce domine souvent un assemblage faunique relativement peu diversifié. On note régulièrement des *Angulaticeras (Sulciferites)* (e.g., *A. [S.] gr. charmassei* [ORBIGNY, 1844]), des *Arnioceras* sp. et quelques *Coroniceras (Pararnioceras)* (e.g., *C. [P.] gr. falsani* DUMORTIER, 1867). La persistance de *C. «A.» bucklandi* dans les assises à *C. multicostratum* est sans doute exceptionnelle, mais elle a été constatée dans le Jura méridional (CORNA, 1987; CORNA & MOUTERDE, 1988) et un spécimen attribué au sous-genre *Arietites* est présent sur la «Dalle à ammonites» (Pl. V, fig. 4). L'association de *C. multicostratum* et de *C. lyra* observée à Semur-en-Auxois (CORNA & MOUTERDE, 1988) résulte, par contre, probablement d'une condensation des dépôts dans cette localité de Bourgogne.

À l'exception de CORNA *et al.* (1990) qui ont envisagé de placer les niveaux à *C. multicostratum* à l'extrême base de la Chronozone à *Semicostatum* (sous-Chronozone à *Lyra*), tous les autres auteurs (e.g., GUÉRRIN-FRANIATTE, 1966; CORNA & MOUTERDE, 1988, CORNA & DOMMERGUES, 1995; CORNA *et al.*, 1997a, b; PAGE, 1992, 1994, 1995, 2003) considèrent que l'acmé de *C. multicostratum* marque la partie terminale de la Chronozone à *Bucklandi* (sous-chronozone à *Bucklandi*). Ainsi, dans la synthèse de PAGE (2003), la sous-chronozone à *Bucklandi* s'achève par une zonule à *Bisulcatus* qui comprend un seul biohorizon à *multicostratum*. Le contexte stratigraphique de la région de Digne s'accorde parfaitement avec le cadre biochronologique et biostratigraphique publié par PAGE (2003), mais nous proposons d'utiliser le terme de zonule à *Multicostratum* à la place de celui de zonule à *Bisulcatus* pour éviter l'ambiguïté taxonomique liée à l'usage de l'espèce de BRUGUIÈRE (1789) comme taxon indice d'une unité chronostratigraphique (Fig. 11).

En termes paléobiogéographiques, *Coroniceras multicostratum* est un taxon essentiellement connu dans le NW de l'Europe et notamment en Grande-Bretagne (Somerset [PALMER, 1972], Gloucestershire, Dorset [IVIMEY-COOK & DONOVAN, 1983]), en France (Auxois [GUÉRRIN-FRANIATTE, 1966; CORNA & MOUTERDE, 1988], Bugey [CORNA, 1985; CORNA & MOUTERDE, 1988], Oisans [CORNA *et al.*, 1997a], région de Digne [CORNA *et al.*, 1990]) et au Luxembourg (COLBACH *et al.*, 2003) (Fig. 12). Sa présence est possible, mais reste à confirmer dans les Alpes calcaires méridionales de Lombardie (Italie) (VIALLI, 1959) et dans les unités austroalpines des Alpes autrichiennes (Vorarlberg) (MEISTER & FRIEBE, 2003) (Fig. 12).

Sous-genre *Arietites* WAAGEN, 1869

Espèce type : *Ammonites bucklandi* J. SOWERBY, 1816, par monotypie.

Coroniceras (Arietites) sp.

Pl. V, fig. 4

Remarques : La plupart des *Coroniceras (Arietites)* sont des ammonites remarquables par leur très grande taille, leur ornementation adulte grossière et leur allure massive (e.g., *C. [Arietites] bucklandi* [J. SOWERBY, 1816], *C. [A.] solarium* [QUENSTEDT, 1883]). Ces formes emblématiques des faunes marines du Sinémurien inférieur NW européen sont restreintes à la seule sous-chronozone à *Bucklandi*. Elles ne sont vraiment abondantes que dans les parties inférieures et moyennes de cette unité et elles deviennent rares dans le biohorizon à *multicostratum*. C'est notamment le cas pour le site de la «Dalle à ammonites de Digne» où un seul spécimen de *C. (Arietites)* est présent sur la «Dalle». Assez mal préservé il ne peut pas être déterminé au niveau de l'espèce, mais sa grande taille et son allure massive le désigne assez

Radiochronologie âges en Ma, d'après Ogg <i>et al.</i> 2008	Chrono - stratigraphie		Bio - stratigraphie	
	Sous-étages	CHRONOZONES	Sous- chronozones	
189,6	Sinémurien supérieur	RARICOSTATUM	Aplanatum	<i>tardecrescens</i>
			Macdonnelli	<i>meigeni</i>
			Raricostatum	<i>boehmi</i>
				<i>crassicostatum</i>
				<i>raricostatum</i>
				<i>rhodanicum</i>
		Densinodulum	<i>edmundi</i> <i>delicatum</i>	
		OXYNOTUM	Oxynotum	<i>oxynotum</i>
			Simpsoni	<i>gagateum</i>
		OBTUSUM	Denotatus	<i>glaber</i> <i>floweri</i>
			Stellare	<i>blakei</i>
			Obtusum	<i>confusus (?)</i>
	Sinémurien inférieur	TURNERI	(Birchi) ?	<i>bordoti</i>
			(Brooki)	<i>turneri / brooki</i>
		SEMICOSTATUM	Sauzeanum	<i>sauzeanum</i> <i>nodulatum</i>
			Scipionianum	<i>scipionianum</i> <i>alcinoe (?)</i>
				<i>crossi (?)</i>
			Lyra (=Charlesi)	<i>charlesi</i> <i>lyra</i>
BUCKLANDI				Bucklandi
		Rotiforme	<i>schloenbachi</i> <i>hyatti</i>	
		Conybeari	<i>conybeari (?)</i> <i>rotarium</i> <i>latisulcatum</i>	
		196,5		

Fig. 11 : Les cadres chronostratigraphiques (sous-étages, chrono-zones et sous-chrono-zones) et biostratigraphiques (biohorizons) de la «Dalle à ammonites de Digne». Les unités bio ou chrono-stratigraphiques correspondant à la «Dalle à ammonites» sont indiquées par des caractères gras sur fonds gris. L'échelle de biohorizons est une synthèse tenant compte de données récemment acquises et des échelles proposées précédemment par CORNA *et al.* (1997b) et PAGE (2003). Âges radiochronologiques en Ma d'après OGG *et al.* (2008).

Fig. 11 : Chronostratigraphic (sub-stages, chrono-zones and subchrono-zones) and biostratigraphic (biohorizons) frameworks for the «Digne Ammonite slab». The bio and chronostratigraphic units corresponding to the «Ammonite slab» are in bold on grey backgrounds. The sequence of biohorizons is a synthesis grounded in new data and on the sequences previously proposed by CORNA *et al.* (1997b) and PAGE (2003). Radiochronologic ages in Ma from OGG *et al.* (2008).

le NW de l'Europe (e.g., CORNA *et al.*, 1997b; PAGE, 1992, 2003). La «Dalle à ammonites de Digne» et ses très nombreux *Coroniceras multicosatum* correspond, sans ambiguïté, au biohorizon à *multicosatum* (*sensu* PAGE, 1992) qui marque, tant en France (Auxois, Bugey, Oisans, région de Digne) qu'au Luxembourg et en Angleterre (Dorset, Somerset, Gloucestershire), la partie terminale de la chronozone à Bucklandi (Fig. 11, 12). La «Dalle à ammonites de Digne» fournit d'ailleurs le meilleur point d'observation actuellement accessible pour ce biohorizon. En termes paléobiogéographiques et paléocéologiques, la faune de la «Dalle» présente un cachet NW européen évident. Elle comporte trois espèces :

- i) *Coroniceras (?) multicosatum* — qui domine très largement la faune — est un taxon qui n'est connu avec certitude qu'en France et en Angleterre, mais dont la présence est également probable dans les Alpes méridionales et dans les unités austroalpines des Alpes septentrionales (Fig. 12),
 - ii) *Coroniceras (Arietites) sp.*, qui n'est représentée sur la «Dalle à ammonites de Digne» que par un seul spécimen mal conservé, est sans doute très proche de *C. (Arietites) bucklandi*, forme dont la répartition est du même type que celle de *Coroniceras (?) multicosatum*,
 - iii) *Angulaticeras (Sulciferites) cf. charmassei*, qui est également rare sur la «Dalle à ammonites», et qui présente aussi une polarité NW européenne évidente.
- Pour résumer, la faune de la «Dalle à ammonites de Digne» est très peu diversifiée et d'affinité NW européenne évidente. Bien que moins bien documentées, les faunes des niveaux qui l'encadrent ont des caractéristiques paléobiogéographiques et paléocéologiques similaires (Fig. 2).

Une telle tendance semble être la règle dans l'ensemble des séries fossilifères du Lias calcaire (Sinémurien

clairement comme un représentant tardif du sous-genre *Arietites*. Cet exemplaire est figuré Pl. V, fig. 4.

V. STRATIGRAPHIE ET PALÉOBIOGÉOGRAPHIE

Les faunes d'ammonites présentes sur la «Dalle à ammonites» et dans les niveaux qui l'encadrent offrent une image partielle, mais représentative des contextes stratigraphique, paléobiogéographique et paléocéologique des peuplements du bassin subalpin au cours du Sinémurien inférieur. En termes stratigraphiques, ces faunes peu diversifiées sont faciles à situer dans les échelles bio et chronostratigraphiques établies pour

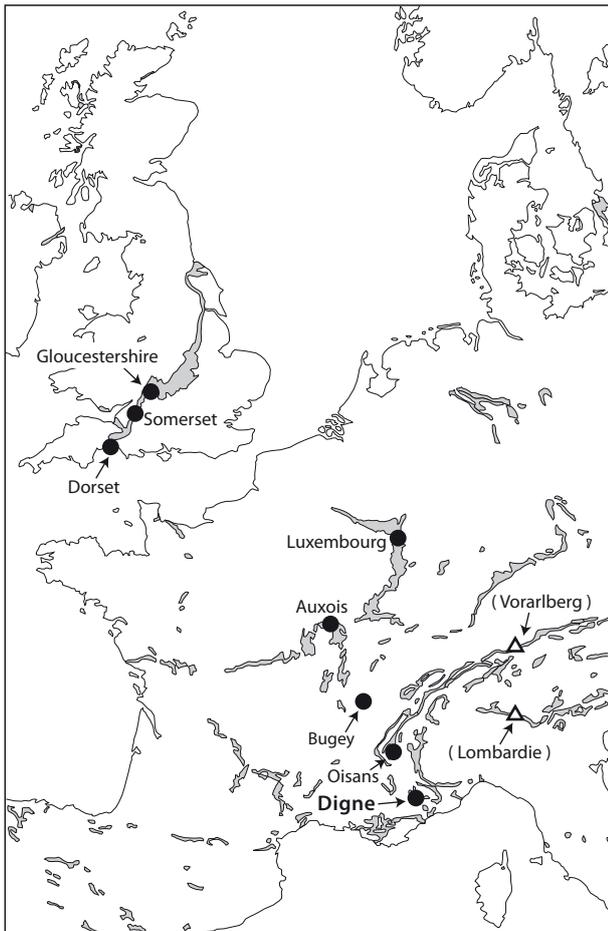


Fig. 12: Localisation des gisements à *Coroniceras* (?) *multicostatum*. Les localités où la présence de l'espèce est certaine, ou très probable, sont indiquées par des ronds noirs. Les localités où la présence de l'espèce reste à confirmer sont marquées par des triangles. En outre les noms de ces dernières localités sont écrits entre parenthèses.

Fig. 12: Locations of the fossiliferous areas with *Coroniceras* (?) *multicostatum*. Black dots indicate areas where the species is convincingly recorded, triangles those where data are doubtful. In these cases the name of the locality is in parenthesis.

et Pliensbachien inférieur) du bassin subalpin. Les peuplements y sont, soit constitués d'une seule espèce, soit plurispécifiques mais dans ce cas très largement dominés par une seule espèce d'affinité NW européenne. En outre, et bien que situées dans un contexte paléogéographique relativement méridional pour l'Europe du NW (Fig. 12, 13), les faunes du bassin subalpin ne révèlent aucune influence téthysienne notable au cours de la période considérée. L'absence de Phylloceratoidea et de Lytceratoidea est particulièrement significative à cet égard, car ces formes sont souvent abondantes dans les Alpes calcaires méridionales et dans les unités austroalpines des Alpes calcaires septentrionales (Fig. 13 [Aa]). Ces résultats montrent que les faunes alpines

s.l. sont, au moins au cours du Lias inférieur et moyen *pro parte*, extrêmement hétérogènes en terme de paléobiogéographie et/ou de biodiversité. Le contraste est étonnant entre, d'une part, les peuplements austroalpins d'affinités téthysiennes et particulièrement riches et complexes en termes de diversité phylogénétique (DOMMERMUES & MEISTER, 1991 ; DOMMERMUES *et al.*, 2009) et, d'autre part, les peuplements du bassin subalpin relativement pauvres et d'affinités banalement nord-ouest européennes (DOMMERMUES & MEISTER, 2007). D'après les reconstitutions paléobiogéographiques proposées par THIERRY *et al.*, 2000 (Fig. 13) le bassin subalpin et le domaine austroalpin devaient pourtant être relativement proches au cours du Jurassique inférieur.

VI. CONCLUSIONS

La « Dalle à ammonites de Digne » est un exemple de site géologique d'importance à la fois scientifique et patrimoniale. Sur le plan scientifique elle offre le meilleur point d'observation pour le biohorizon à *Coroniceras multicostatum* qui caractérise clairement en Europe du NW la partie terminale de la zone à Bucklandi et qui est sans doute aussi un marqueur biostratigraphique fiable pour l'établissement de corrélations avec les faunes de la Téthys méditerranéenne. De plus, l'abondance des *C. multicostatum* présents sur la « Dalle » a, pour la première fois, permis l'analyse quantitative de la variabilité intraspécifique d'une espèce d'Arietitidae de grande taille. Dans la plupart des autres gisements du Sinémurien inférieur, de telles formes, très caractéristiques des faunes marines de cette époque, sont, soit trop peu nombreuses, soit le plus souvent trop difficiles à extraire pour permettre une étude statistique sérieuse.

Il est important de rappeler que l'existence même de ce gisement majeur est le résultat des actions menées par la RNGHP dans le cadre de projets de protection, d'étude et de valorisation d'un site géologique au départ peu spectaculaire. L'intérêt scientifique du site a été révélé grâce aux chantiers de fouilles organisés par la Réserve. C'est un exemple parmi tant d'autres qui souligne la contribution des espaces naturels protégés au soutien de la recherche scientifique et à l'amélioration des connaissances du patrimoine naturel.

Sur le plan patrimonial la « Dalle à ammonites de Digne » permet à un vaste public d'observer, dans d'excellentes conditions, la surface fossilisée d'un fond marin du Jurassique, vieux d'environ 190 millions d'années, et qui montre une très spectaculaire accumulation de coquilles, souvent de grandes tailles et fortement ornées. La valeur esthétique, pédagogique et émotionnelle d'un tel spectacle est une évidence ; elle impose à elle seule la protection et la mise en valeur du site de la « Dalle à ammonites ». De telles mesures sont impératives, mais il est évident qu'elles ne permettent pas d'employer les méthodes habituellement utilisées pour l'étude des

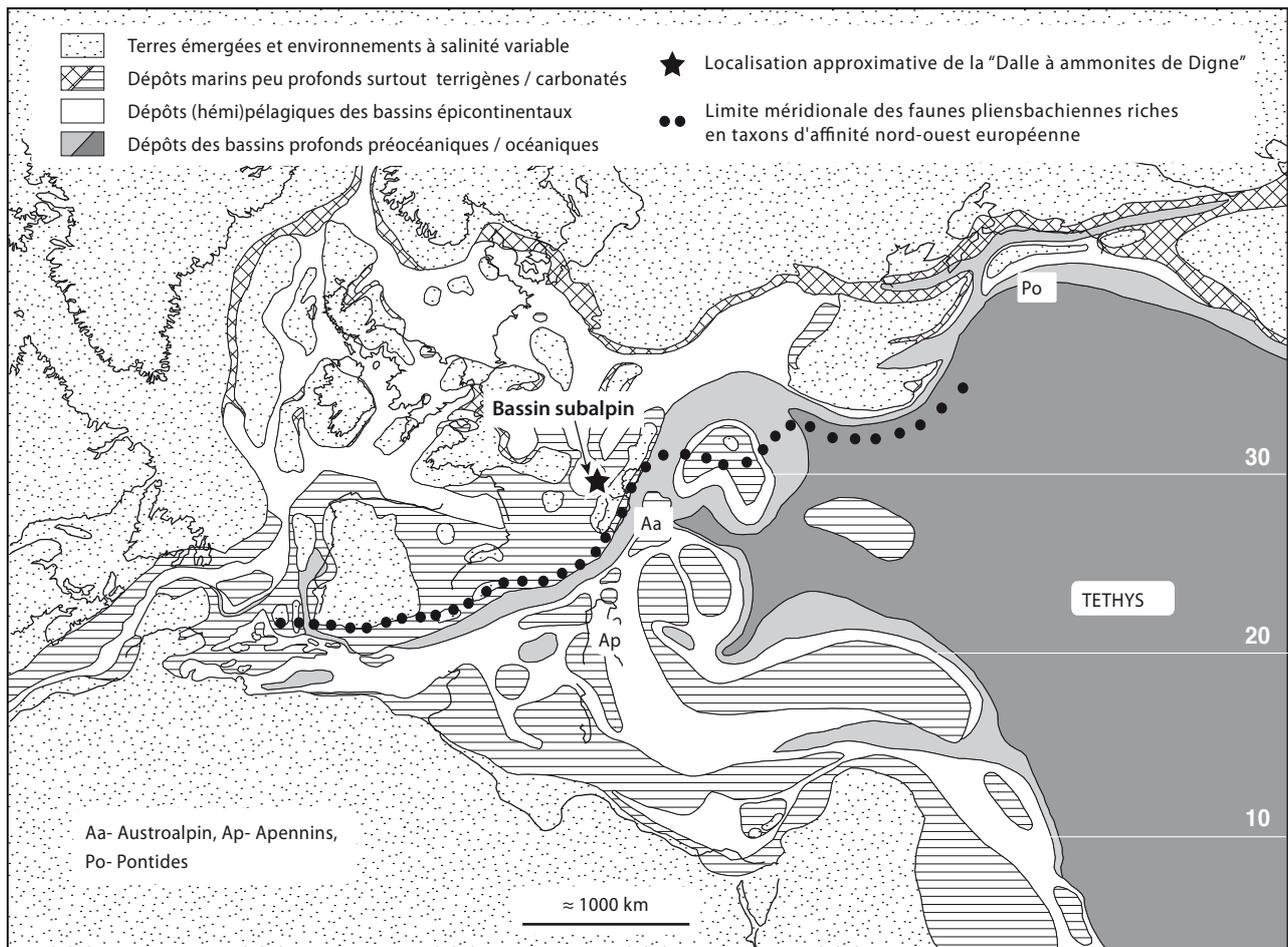


Fig. 13: Reconstitution paléogéographique de la Téthys occidentale et de ses confins au cours du Sinémurien supérieur (d'après THIERRY *et al.*, 2000, modifié) et indications de la localisation paléobiogéographique de la «Dalle à ammonites de Digne» au sein du bassin subalpin. La limite entre les régions dominées par les faunes d'affinités NW européennes (vers le nord) et les régions téthysiennes dominées par les faunes d'affinités « méditerranéennes » (vers le sud) est matérialisée par une chaîne de points noirs. Le contraste maximum entre ces deux types de faunes est atteint au cours du Pliensbachien inférieur.

Fig. 13: Palaeogeographic reconstruction of the western Tethys and its fringes (from THIERRY *et al.*, 2000, modified) with indication of the palaeogeographical location of the «Digne ammonite slab» within the Subalpine Basin. The dotted line marks the boundary between mainly NW European (northward) and mainly Tethyan (i.e., Mediterranean) faunas (southward). This palaeobiogeographical demarcation was particularly sharp during Pliensbachian times.

gisements fossilifères. Le prélèvement de spécimens est impossible. Dans ce contexte, il est souhaitable que la «Dalle à ammonites de Digne» puisse servir de site pilote pour l'expérimentation ou le développement de méthodes d'étude *in situ* non destructives qui pourraient trouver des applications pour l'étude d'autres gisements. À titre d'exemple, l'utilisation d'un scanner 3D, récemment utilisé sur la «Dalle à ammonites» a donné des résultats prometteurs, car la quantité et la qualité des informations ainsi obtenues sont remarquables. De telles données 3D devraient, à terme, pouvoir servir de base à des analyses morphométriques à la fois très complètes et extrêmement précises et permettre une observation indirecte, mais très commode et fiable de spécimens préservés *in situ*.

REMERCIEMENTS

Ce travail est une contribution de l'équipe FED «Forme, Evolution, Diversité» de l'UMR 5561, «Biogéosciences» (CNRS/uB). Il a été financé par le Pôle d'Excellence Rural du Pays Dignois: maîtrise d'ouvrage Ville de Digne, subventions Etat (FNADT), Conseil Régional PACA et Conseil Général des Alpes de Haute-Provence. Nos remerciements vont également à Eric VARREL de la société ATM 3D, pour sa contribution technique à l'étude des spécimens numérisés et à Carmela CHATEAU pour son aide linguistique (anglais).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

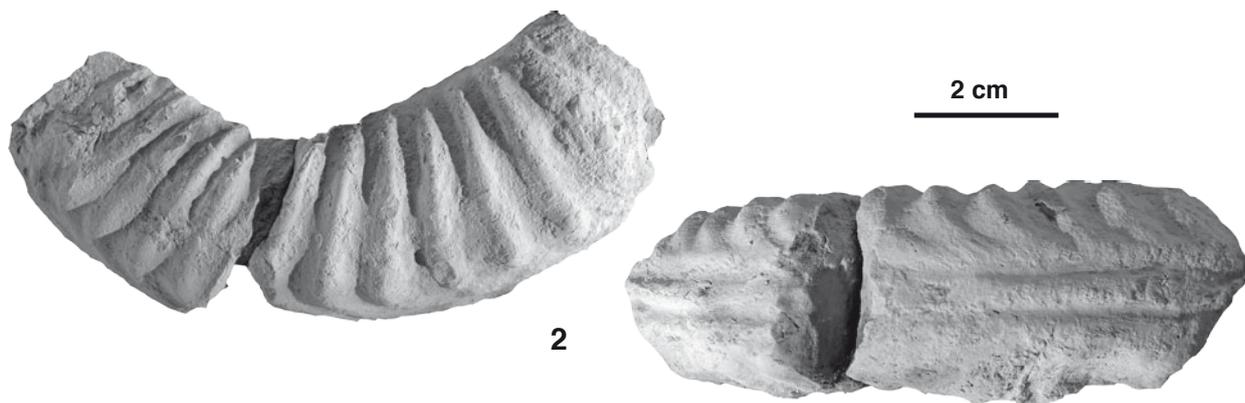
- ASSENAT, S. (1972) - *Stratigraphie et variations des faciès du Jurassique inférieur de la région de Castellane (Alpes de Provence)*. Thèse Université Claude Bernard, Lyon 1: 84 p. (inédit).
- ASSENAT, S., P. COTILLON & R. MOUTERDE (1972) - Données nouvelles sur la stratigraphie, les variations de faciès et la paléogéographie du Jurassique inférieur dans la région de Castellane (Alpes de Haute-Provence). *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris (D)* 275: 2463-2466.
- BONARELLI, G. (1900) - Cefalopodi Sinemuriani dell'Appennino Centrale. *Palaeontographia Italica*, 5: 55-83.
- BRUGUIÈRE, J.G. (1789-1832) - *Encyclopédie méthodique ou par ordre des matières: histoire naturelle des vers, des coquilles et des mollusques*. Paris.
- COLBACH, R., S. GUÉRIN-FRANIATTE & R. MAQUIL (2003) - Un remarquable site fossilifère dans le Sinémurien inférieur de Bertrange (Grand-Duché de Luxembourg). *Ferrantia*, 36: 53-64.
- CORNA, M. (1985) - *Le Lias du Jura méridional, paléontologie biostratigraphique du Sinémurien, approche paléoécologique*. Thèse de troisième cycle, Université Lyon I, 1647: 258 p. (inédit).
- CORNA, M. (1987) - Les horizons sinémuriens du Calcaire à gryphées du Jura méridional français (zone à Conybeari – Zone à Oxynotum). *Geobios*, 20: 531-536.
- CORNA, M. & J.-L. DOMMERGUES (1995) - Les ammonites du Sinémurien de Mandelot (Côte-d'Or, France). Approches biostratigraphique, morphologique et ontogénétique. *Geobios*, 28: 17-47.
- CORNA, M., J.-L. DOMMERGUES, A. GUIFFRAY & L. BULOT (1990) - Quelques points remarquables dans le Sinémurien des Alpes de Provence (France); précisions biostratigraphiques et paléontologiques. *Géologie Méditerranéenne*, 17: 3-37.
- CORNA, M., J.-L. DOMMERGUES, C. MEISTER & K. PAGE (1997a) - Les faunes d'ammonites du Jurassique inférieur (Hettangien, Sinémurien et Pliensbachien) au nord du massif des Écrins (Oisans, Alpes occidentales). *Revue de Paléobiologie*, 16: 321-409.
- CORNA, M., J.-L. DOMMERGUES, C. MEISTER, R. MOUTERDE & G. BLOOS (1997b) - Sinémurien. In: CARIOU, E. & P. HANTZPERGUE (Eds). *Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles*. *Bulletin des Centres de Recherche Elf Exploration et Production (Mémoire)*, 17: 15-23.
- CORNA, M. & R. MOUTERDE, (1988) - Le Sinémurien de Semur (France): essai de biozonation pour le Sinémurien inférieur et le Lotharingien inférieur du stratotype et du Jura méridional. In: ROCHA, R.B. & A.F. SOARES (Eds). 2nd international Symposium on Jurassic Stratigraphy, Lisboa: 155-178.
- DOMMERGUES, J.-L. (2002) - Les premiers Lytoceratoidea du nord-ouest de l'Europe (Ammonoidea, Sinémurien inférieur, France). Exemple de convergence évolutive vers les morphologies «capricornes». *Revue de Paléobiologie*, 21: 257-277.
- DOMMERGUES, J.-L. & C. MEISTER (1991) - Area of mixed marine faunas between two major paleogeographical realms, exemplified by the Early Jurassic (Late Sinemurian and Pliensbachian) ammonites in the Alps. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 86: 265-282.
- DOMMERGUES, J.-L. & C. MEISTER (2007) - Les faunes d'ammonites du Pliensbachien inférieur des séries dauphinoises de la Durance (Jurassique inférieur, Barrage de Serre-Ponçon, Hautes-Alpes, France). *Geobios*, 41: 205-225.
- DOMMERGUES, J.-L., E. FARA & C. MEISTER (2009) - Ammonite diversity and its palaeobiogeographical structure during the early Pliensbachian (Jurassic) in the western Tethys and adjacent areas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 280: 64-77.
- DUMORTIER, E. (1867) - *Études paléontologiques sur les dépôts jurassiques du bassin du Rhône. 2^e partie, Lias inférieur*, Savy, Paris: 256 p.
- FIEGE, K. (1929) - Biostratigraphie der Arietitenschichten Nordwestdeutschlands und Württembergs. *Palaeontographica*, 71: 67-116.
- GRACIANSKY, P.C. de, G. DARDEAU, T. DUMONT, T. JACQUIN, D. MARCHAND, R. MOUTERDE & P.R. VAIL (1993) - Séquences de dépôt, cycles transgressifs-régressifs et tectonique d'extension: l'exemple du bassin dauphinois dans la région de Digne au Lias et au Dogger. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 5: 709-718.
- GUÉRIN-FRANIATTE, S. (1966) - *Ammonites du Lias inférieur de France. Psiloceratidae: Arietitidae*. Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Paris: 455 p.

Planche I

Photographies de *Coroniceras multicosatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) provenant de la « Dalle à ammonites de Digne ». Une vue ventrale du spécimen de la fig. 1 est donnée Pl. II, fig. 1. **1, 2:** (RNGHP 010001, 010008). Les ammonites sont blanchies (1: gouache blanche; 2: Chlorure d'ammonium). Les spécimens sont conservés dans les collections de la « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

Plate I

Photographs of *Coroniceras multicosatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) from the « Digne ammonite slab ». A ventral view of the specimen illustrated Pl. I, fig. 1 is given Pl. II, fig. 1. **1, 2:** (RNGHP 010001, 010008). All the ammonites are whitened (1: white gouache; 2: ammonium chloride). All specimens are housed in the collections of the « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».



- GUÉRIN-FRANIATTE, S. (1994) - *Arietites bisulcatus* (BRUGUIÈRE, 1789). In: FISCHER, J.-C. (Ed.). *Révision critique de la Paléontologie Française d'Alcide d'Orbigny. Vol. 1 Céphalopodes Jurassiques*. Masson & Muséum national d'Histoire naturelle, Paris: 46-47.
- GUÉX, J. (1995) - Ammonites hettangiennes de la Gabbs Valley Range (Nevada, USA). *Mémoires de Géologie Lausanne*, 27: 131 p.
- GUIOMAR, M. (2009) - La Dalle à ammonites de Digne fait peau neuve. *Journal de l'Association Paléontologique Française (APF)*, 57: 7-20.
- HAMMER, Ø., D.A.T. HARPER & P.D. RYAN, (2001) - PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1-9.
- HAUG, E. (1881) - Les chaînes subalpines entre Gap et Digne. Contribution à l'étude géologique des Alpes françaises. *Bulletin du Service de la Carte géologique de France*, 3: 1-197.
- HAUG, E. (1908-1911) - *Traité de Géologie*. A. Colin, Paris: 2024 p.
- IVIMEY-COOK, H.C. & D.T. DONOVAN (1983) - Appendix 3: The fauna of the Lower Jurassic. In: WHITTAKER, A. & G.W. GREEN (Eds). *Geology of the country around Weston-Supper-Mare. Memoirs of the Geological Survey of Great Britain*: 126-130.
- JONIN, M. (2007) - *Mémoire de la Terre, patrimoine géologique français*. Delachaux & Niestlé, 192 p.
- LANGE, W. (1924) - Über die Pilonotenstufe und die Ammonitenfauna des untersten Lias Norddeutschlands. *Jahrbuch Preussischen Geologischen Landesanstalt*, 44: 177-207.
- MARTINI, G. (Ed.) (1994) - Actes du premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique, Digneles-Bains, 11-16 juin 1991. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 165: 276 p.
- MARTINI, G. & N. ZOUROS (2008) - Geopaks, a Vision for the Future. *Géosciences*, 7-8: 182-188.
- MEISTER, C. & J. G. FRIEBE (2003) - Austroalpine Liassic ammonites from Vorarlberg (Austria, Northern Calcareous Alps). *Beiträge zur Paläontologie*, 28: 9-99.
- OGG, J.G., G. OGG & F.M. GRADSTEIN (2008) - *The Concise Geologic Time Scale*. Cambridge University Press: 177 p.
- OLORIZ, F., P. PALMQVIST & J. A. PÉREZ-CLAROS (2002) - Morphostructural constraints and phylogenetic overprint on sutural frilling in Late Jurassic ammonites. *Lethaia*, 35: 158-168.
- ORBIGNY, A. d' (1844) - *Paléontologie française: Terrains jurassiques, I. Céphalopodes*. Livres 17-27. Masson, Paris: 193-312.
- PAGE, K. (1992) - The sequence of ammonite correlated in the British Sinemurian (Lower Jurassic). *Newsletters on Stratigraphy*, 27: 129-156.
- PAGE, K. (1994) - On the sequence of ammonite correlated chronostratigraphical horizons in the British Sinemurian (Lower Jurassic). *Geobios*, M.S. 17: 369-379.
- PAGE, K. (1995) - Biohorizons and zonules: intra-subzonal units in Jurassic ammonite stratigraphy. *Palaeontology*, 38: 801-814.
- PAGE, K. (2003) - The Lower Jurassic of Europe: its subdivision and correlation. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 1: 23-59.
- PALMER, C.P. (1972) - The Lower Lias (Lower Jurassic) between Watchet and Lillstock in north Somerset (United Kingdom). *Newsletters on Stratigraphy*, 2: 1-30.
- REYNÈS, P. (1879) - *Monographie des Ammonites, 1^{re} partie Lias*. Baillière, Marseille & Paris: 72 p.
- SCHMIDT, E.W. (1914) - Die Arieten des unteren Lias von Harzburg. *Palaeontographica*, 61: 1-40.
- SOWERBY, J. de C. (1823-1846) - *The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, which have been preserved at various times and depths in the Earth*. London. 4 (fin)-7: 384-648 pl.
- THIERRY, J. & 40 co-authors (2000) - Late sinemurian (193-191 ma). In: DERCOURT, J., M. GAETANI, B. VRIELINCK, E. BARRIER, B. BIJU-DUVAL, M.F. BRUNER, J.-P. CADET, S. CRASQUIN & M. SANDULESCU (eds). *Atlas peri-Tethys, palaeogeographical maps*. ccgm/cgmw, Paris, map n° 7.
- VIALLI, V. (1959) - Ammoniti Sinemuriane del Monte Albenza (Bergamo). *Memorie della Società italiana di Scienze naturali e del Museo Civico di Storia naturale di Milano*, 12: 141-188.
- WRIGHT, T. (1878-1886) - *Monograph on the Lias Ammonites of the British Islands*. *Palaeontographical Society, London*, 32-39: 503 p.

Accepté juin 2011

Planche II

Photographies de *Coroniceras multicosatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) provenant de la « Dalle à ammonites de Digne ». Une vue latérale du spécimen de la Pl. II, fig. 1 est donnée Pl. I, fig. 1. 1-4: (RNGHP 010001, 010003, 010004, 010009). Les ammonites sont blanchies (1 : gouache blanche ; 2 : Chlorure d'ammonium ; 3-4 : oxyde de magnésium). Les spécimens sont conservés dans les collections de la « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

Plate II

Photographs of *Coroniceras multicosatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) from the « Digne ammonite slab ». A lateral view of the specimen illustrated Pl. II, fig. 1 is given Pl. I, fig. 1. 1-4: (RNGHP 010001, 010003, 010004, 010009). All the ammonites are whitened (1 : white gouache ; 2 : ammonium chloride, 3-4 : magnesium oxide). All specimens are housed in the collections of the « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

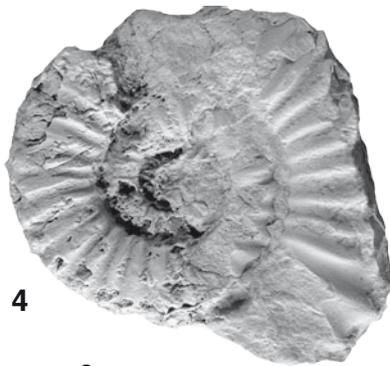
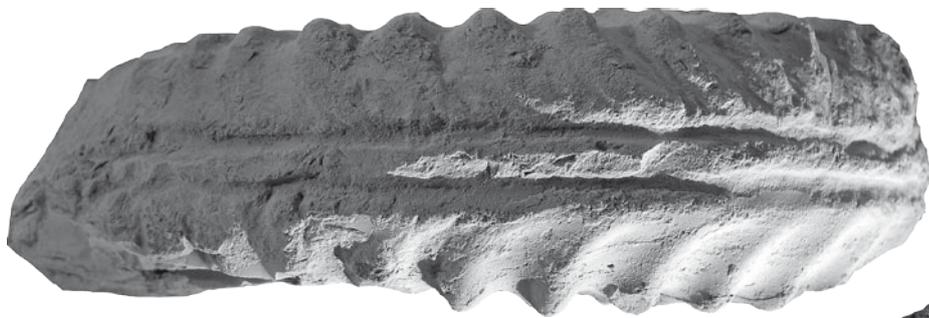
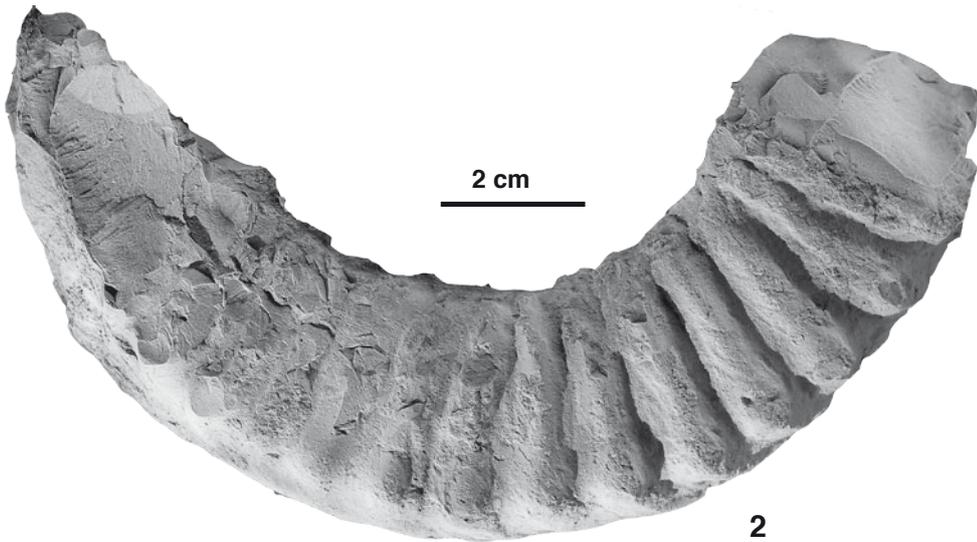


Planche III

Photographies de *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) provenant de la « Dalle à ammonites de Digne ». **1, 2**: (RNGHP 010002, 010005). Les ammonites sont blanchies (Chlorure d'ammonium). Les spécimens sont conservés dans les collections de la « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

Plate III

Photographs of *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) from the « Digne ammonite slab ». **1**: (RNGHP 010002, 010005). All the ammonites are whitened (ammonium chloride). All specimens are housed in the collections of the « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

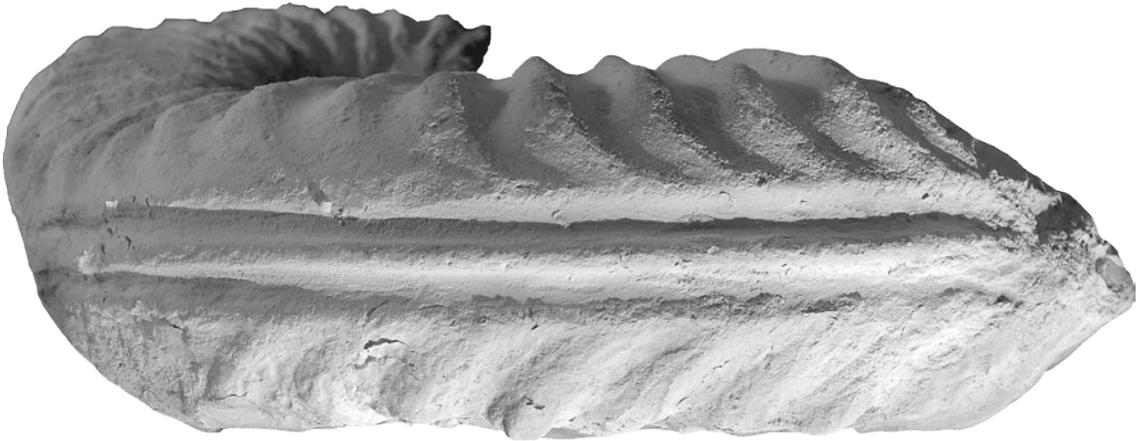
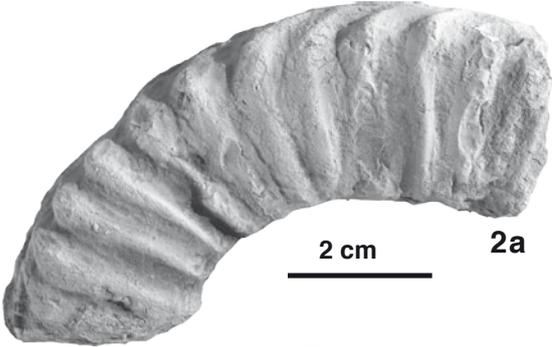
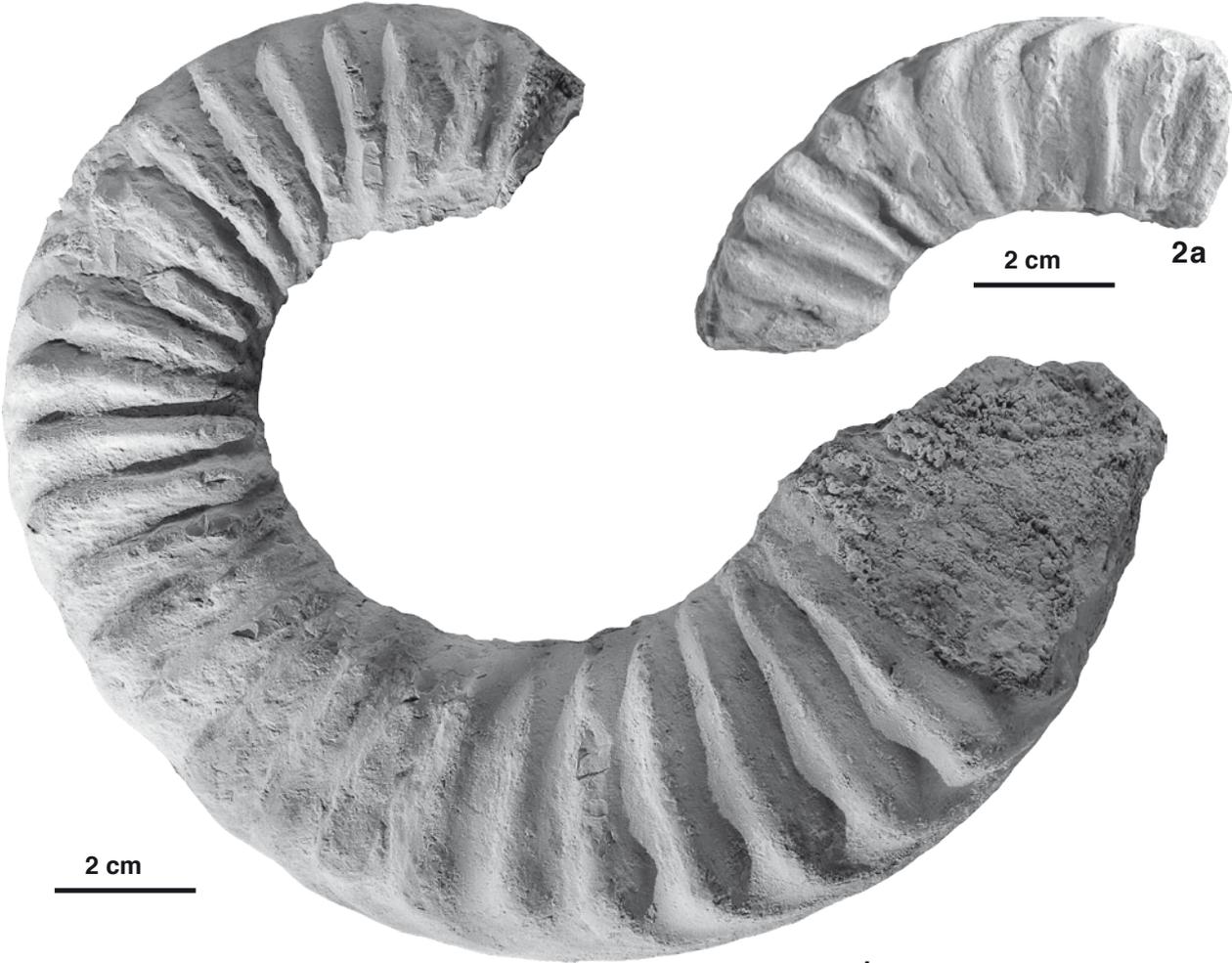


Planche IV

Photographies de *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) provenant de la « Dalle à ammonites de Digne ». **1-3**: (RNGHP 010006, 010007, 010010). Les ammonites sont blanchies (Chlorure d'ammonium; 3-4). Les spécimens sont conservés dans les collections de la « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

Plate IV

Photographs of *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824) from the « Digne ammonite slab ». **1-3**: (RNGHP 010006, 010007, 010010). All the ammonites are whitened (ammonium chloride). All specimens are housed in the collections of the « Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence ».

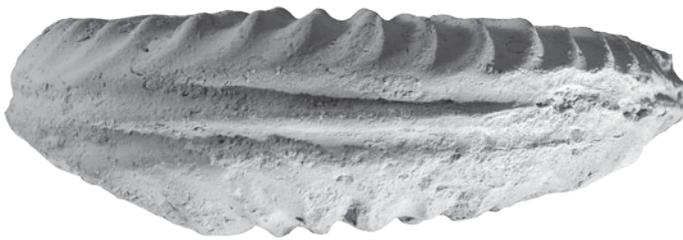
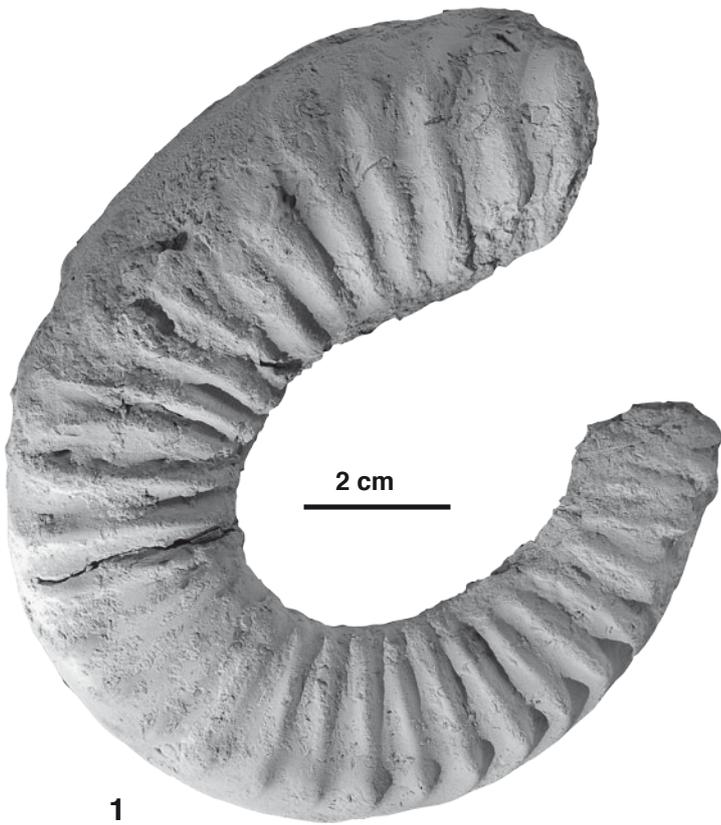


Planche V

Images de synthèse d'ammonites situées sur «Dalle à ammonites de Digne». Ces images ont été obtenues à partir de données collectées par un scanner 3D.

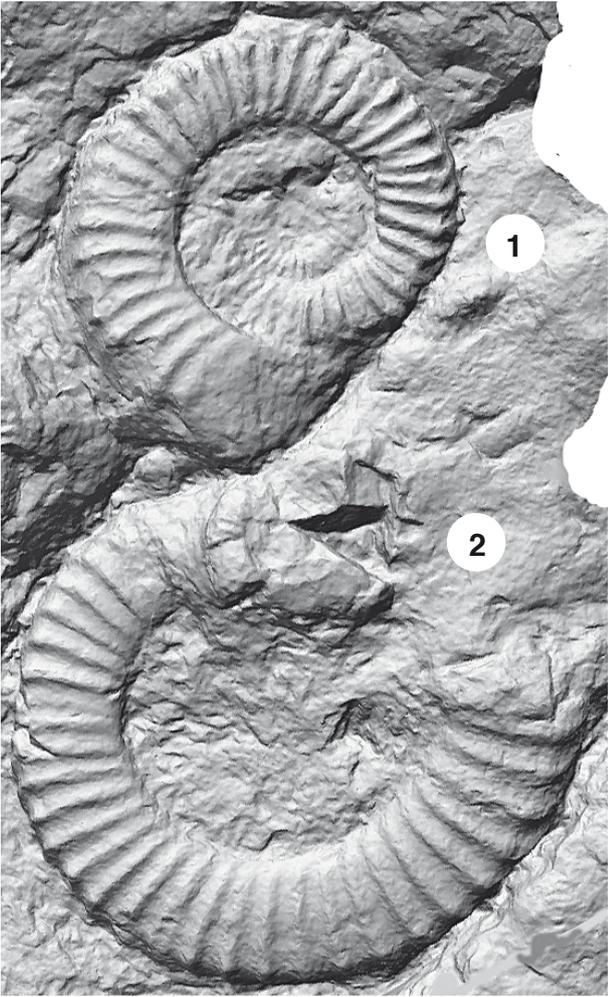
Les localisations des spécimens sur la dalle sont indiquées sur la Fig. 3.

Fig. 1-3, 5, 6: *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824). Fig. 4: *Coroniceras (Arietes)* sp.

Plate V

Computer-generated images of ammonites situated on the «Digne ammonite slab». These images are constructed from data collected with a 3D scanner. The locations of the specimens on the slab are given on Fig. 3.

Fig. 1-3, 5, 6: *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824). Fig. 4: *Coroniceras (Arietes)* sp.



20 cm

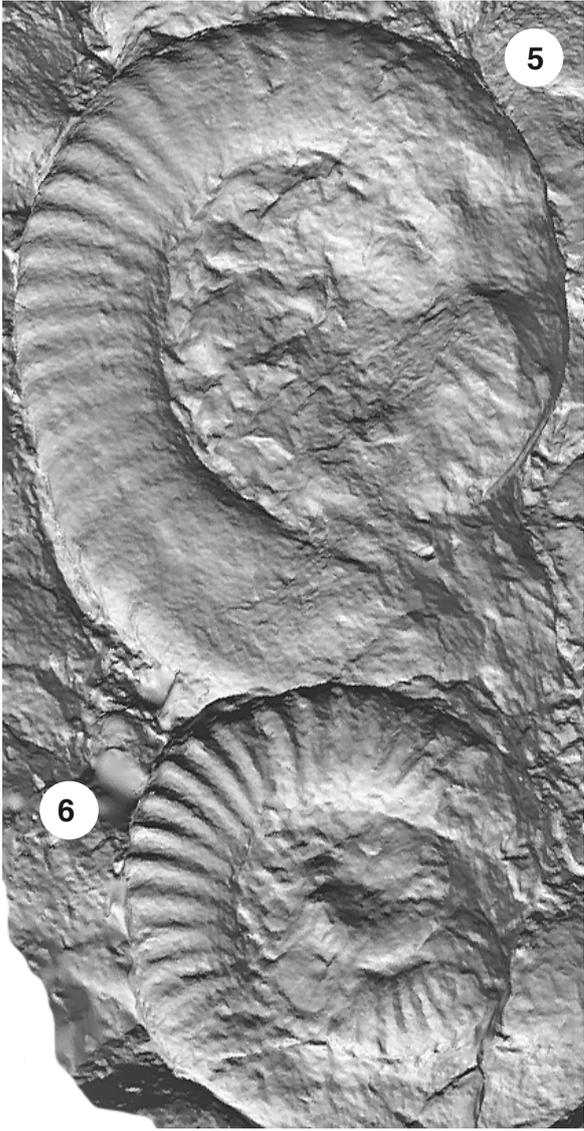
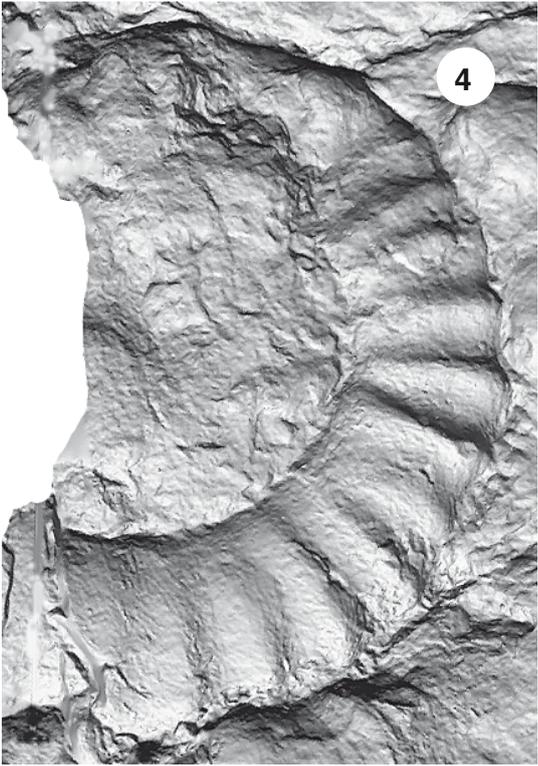
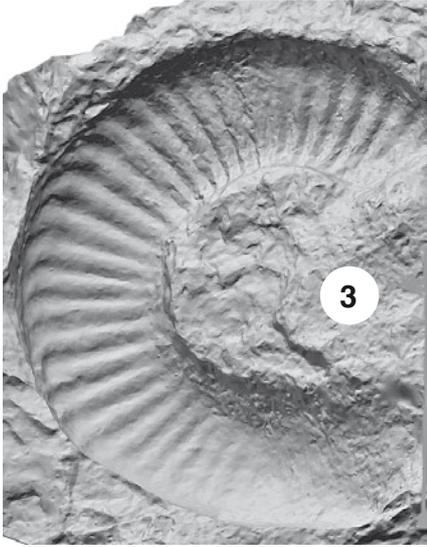


Planche VI

Images de synthèse d'ammonites situées sur «Dalle à ammonites de Digne». Ces images ont été obtenues à partir de données collectées par un scanner 3D.

Les localisations des spécimens sur la dalle sont indiquées sur la Fig. 3.

Fig. 1-6: *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824)

Plate VI

Computer-generated images of ammonites situated on the «Digne ammonites slab». These images are constructed from data collected with a 3D scanner. The locations of the specimens on the slab are given on Fig. 3.

Fig. 1-6: *Coroniceras multicoatum* (J. de C. SOWERBY, 1824).



20 cm

