

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 25 (1972)
Heft: 2

Artikel: Considérations paléoécologiques et interprétation des calcaires de l'Éocène du véronais
Autor: Arni, Paul / Lanterno, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739375>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CONSIDÉRATIONS PALÉOÉCOLOGIQUES ET INTERPRÉTATION DES CALCAIRES DE L'ÉOCÈNE DU VÉRONAIS

PAR

Paul ARNI¹ et E. LANTERNO¹

SOMMAIRE

I. Introduction	253
II. Objet des recherches en cours	256
III. Les biocénoses à Nummulites et leurs effets sur les dépôts calcaires du Véronais	257
IV. Aperçu stratigraphique	261
V. La succession cyclique des dépôts de la plateforme littorale et la formation des bancs à Nummulites	272
VI. La croissance des bancs à Nummulites	277

SUMMARY

Following a synopsis of the already published description and interpretation of "Nummulites-Banks" in the Middle Eocene limestone series of the Libyan Sirte Basin and of their distinct position within a set of laterally adjoining segments of four or five mainly biologically characterized facies types, the writers are reporting on comparable bank phenomena appearing within the Middle Eocene series of the hills North of Verona (Northern Italy).

The stratigraphic review of the Eocene series of this Verona area is then supplemented by a discussion of the "Avesa Tuff" and a reporting on several other condensation beds which the writers discovered on different levels in the hills North of Verona. These condensation horizons can be used as stratigraphic markers; their beginning is always attached to a sudden turn to regressional conditions. The regression is in many cases soon followed by a short transgressional rhythm and further changes in the shelf floor.

The position of the bank within the about 25-40 m thick "macro-bed" is tentatively discussed; this, together with the interpretation of some details of the composition and the presumable genesis of the banks, are representing the major subjects of the present paper. The banks in the Veronais, formed on the edge of the shelf by Nummulites and also by Discocyclines, were during their growth well exposed to wave action, caused by the wind from the open sea. The effect of the wave action resulted in the heaping up of the not yet cemented foraminifera tests and of bioclasts of different origin. This profusion of foraminifera tests and bioclasts reached in places up into the tidal level, creating thus the conditions for the exuberant growth of Red Algae. The amount of fragments of the Algae (Lithothamnium), added to the mass of Nummulites and Discocyclina tests is remarkable indeed. Lithothamnium became so one of the major biological limestone contributors.

¹ Muséum d'histoire naturelle de Genève, Département de Géologie et de Paléontologie des invertébrés, Malagnou-Villereuse, 1211 Genève 6.

The Nummulites of the banks in the Veronais Lutetian deposits are closely related to the Nummulites in the banks of the Libyan Eocene. The paleontological discussion of these Nummulites of the Veronais will be the subject of a special paper. It is hoped that at the same time also the Nummulites of the condensation beds will receive a description.

In spite of the relevant relation there are also distinct differences between the banks of the Veronais and the banks of the Sirte Basin of Libya. These differences are specified in the following paragraphs. The presence of substantial accumulations of Discocyclinides and a regular presence of Lithothamnium in the Nummulitic shelf edge fauna and flora are the most obvious local polarities of the Veronais banks, if compared with the corresponding deposits in the Sirte Basin.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach der in der Einleitung gegebenen kurzen Zusammenfassung der bereits publizierten Deutung der in der Libyschen mitteleocaenen Kalkserie auftretenden Nummuliten-Bänke, sowie deren Einordnung in die lateral neben einander liegenden vier oder fünf verschiedenen Fazies Bereiche einer Macro-Schicht, rapportieren die Autoren über gleiche oder sehr ähnliche Phänomene in der mitteleocaenen Kalkserie der Hügel nördlich von Verona.

Im stratigraphischen Überblick wird u.a. dem "Tuff von Avesa", eine Kondensations Schicht, spezielle Aufmerksamkeit geschenkt, um dann noch einige mehr solcher, weitere höher liegenden Kondensations-horizonte oder Unterbrüche in der normalen Kalkablagerung, kurz zu beschreiben.

Die Angaben über die Zusammensetzung und die Diskussion der mutmasslichen Entstehung der Nummuliten-Bänke bilden umfangreiche Abschnitte des gegenwärtigen Artikels.

Was die Nummulitenarten in den Bänken anbetrifft, so ist festzuhalten, dass besonders eine Art vorherrscht. Es ist meistens eine Spezies, die *Nummulites gizehensis* (Forsk.) nahesteht oder da und dort eben diese Art ist. Ausser Nummuliten beteiligten sich in hohem Masse auch Discocycliniden und Lithothamnium am biologischen Kalkaufbau der Nummuliten-Bänke. Im Unterschied zu den Nummuliten-Bänken im libyschen Mitteleozän spielt hier die Anhäufung der Nummuliten und Discocyclinen Schalen durch starken Wellengang eine grosse Rolle. Es war dieser Umstand, der die Anhäufungen bis in die Gezeitenzone hinauf reichen liess, wo die Rotalgen einen üppigen Wuchs erfuhren. Hieraus resultierte dann der gewaltige Beitrag an Lithothamnium Bruchstücken an die Nummuliten-Bänke und an die Mitteleozänen Kalkablagerungen im allgemeinen.

Wir haben bisher nur solche Makro-Schichteinheiten gesehen, die lediglich Bank- und Hinter-Bank-Segmente enthalten. Eine Makro-Schichteinheit erreicht im allgemeinen nicht mehr als 25-40 m Dicke.

RÉSUMÉ

Après un bref rappel des travaux déjà publiés sur la description et l'interprétation des « bancs à Nummulites » des séries calcaires de l'Eocène moyen du Bassin de Sirte en Libye et sur leur position particulière au milieu d'un ensemble de segments latéraux voisins présentant quatre ou cinq types de faciès biologiques caractéristiques, les auteurs décrivent les mêmes phénomènes de « bancs » qu'ils ont pu mettre en évidence dans les séries de l'Eocène moyen des collines situées au N de Vérone.

Après avoir exposé la stratigraphie de ces séries de l'Eocène moyen, les auteurs discutent le niveau de condensation du « Tuf d'Avesa » et signalent l'existence de plusieurs autres niveaux de condensation découverts au cours de leurs recherches à différents niveaux dans les séries éocènes des collines au N de Vérone. L'origine de ces repères stratigraphiques sont chaque fois la conséquence du retour à des conditions de régression. Souvent la régression est suivie par une courte transgression qui elle-même fait place à un nouveau mouvement de régression.

La situation du banc dans le cadre du grand dépôt unitaire synchronique épais d'environ 25 à 40 m, fait l'objet d'un exposé; ce dernier et l'interprétation de certains détails sur la composition et la genèse probable des bancs constituent l'essentiel de l'article. Les auteurs expliquent que les bancs se forment principalement sur le bord de la plateforme dans une zone limitée, favorable soit aux Nummulites soit aux Discocyclinidés. Ce bord de plateforme dans le Véronais était synchronique-

ment plus ou moins soumis à l'action des vagues dues au vent provenant de la mer ouverte. L'effet de cette action des vagues se traduisait par l'accumulation des tests de foraminifères encore non cimentés et des autres bioclastes, contribuant ainsi à établir, à marée haute, les conditions propres à favoriser le développement massif des Algues Rouges. La quantité de fragments d'algues (*Lithothamnium*), s'ajoutant à l'ensemble des tests de Nummulites, de Discocyclines, etc., est très remarquable; en effet, les algues représentent souvent la plus importante contribution calcaire d'origine biologique.

Les Nummulites des bancs de l'Eocène du Véronais sont des formes très proches de celles des bancs de Libye. La discussion paléontologique de ces espèces de Nummulites du Véronais fera l'objet d'une publication spéciale dans laquelle on décrira également, dans la mesure du possible, les Nummulites des niveaux de condensation.

Enfin, les auteurs résument les différences existant entre les bancs du Véronais et ceux du Bassin de Sirte en Libye. La présence d'importantes accumulations de Discocyclinidés et celle régulière des *Lithothamnium* dans la faune et dans la flore du bord de la plateforme du Véronais représente les polarités les plus remarquables des bancs du Véronais par rapport aux dépôts correspondants du Bassin de Sirte.

I. INTRODUCTION

En guise d'introduction il nous semble nécessaire de rappeler tout d'abord les buts et les méthodes de recherches proposés par l'un de nous (P. A.) dans son travail de 1963¹. Il va de soi que certaines des considérations émises alors étaient déjà à ce moment utilisées dans les interprétations géologiques, sédimentologiques et paléontologiques. Mais ces considérations ne faisaient pas l'objet d'une synthèse telle que l'a conçue l'auteur précité, soit donner une image du rôle joué par les Nummulites à l'Eocène moyen en tant que facteur de modification des dépôts littoraux, cela à la suite d'une analyse paléoécologique et étudier ainsi les effets d'une biocénose dans certaines conditions particulières de milieu. Ainsi les faits les plus remarquables ayant été reconnus sont: d'une part l'accumulation des grandes Nummulites sur le bord de la plateforme littorale, avec parfois la présence subséquente des Discocyclines sur ce même bord ou au large de celui-ci, et d'autre part le développement parfois très important des Alvéolines et des Miliolidés dans la partie intérieure de la plateforme littorale au front des évaporites.

De plus, il a été constaté que les Nummulites présentant des parois épaisses et souvent à test un peu renflé se rencontrent de préférence à l'arrière du banc à grandes nummulites, tandis que celles à test mince et à spire plus élevée se retrouvent plutôt au front de ce banc.

Nous résumerons ci-dessous les principales observations décrites dans la publication sus-mentionnée:

1. Certains calcaires à Nummulites sont parfois composés, jusqu'à 90% de tests plats, microsphériques, appartenant à une ou à deux espèces. C'est sur le bord externe

¹ ARNI, P. (1963) 1965. « L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux ». Colloque internat. de Micropaléontologie. Dakar 1963. BRGM Paris, *Mém.* n° 32, pp. 7 à 20.

de la plateforme littorale que l'on trouve de tels calcaires à Nummulites. Ceux-ci forment en effet des dépôts relativement épais, mal stratifiés, sur le bord même de cette plateforme. Ce genre de dépôts a été appelé par Paul Arni banc à Nummulites par analogie et par similitude aux accumulations de coraux ou de lithothamnium, le mot « banc » ayant dans ce cas le même sens que le mot « récif » utilisé pour les dépôts de ces derniers organismes. Lorsque ce banc à Nummulites est bien développé, il peut jouer le rôle d'une barrière et ainsi être la cause de la formation d'un bassin littoral avec ou sans évaporites (en particulier anhydrite).

L'existence du banc à Nummulites peut s'interrompre pour différentes raisons dont les deux principales sont les suivantes. Dans un premier cas, le bord de la plateforme littorale peut cesser latéralement. Il s'ensuit une augmentation de profondeur entraînant la disparition des Nummulites. Dans un second cas, le bord de la plateforme littorale se poursuit sous la forme d'un dos isolé et entouré de fonds plus importants à caractère néritique (ou bathyal); sur ce dos peut alors se développer d'une façon idéale un biotope à Pénéroplidés.

2. Les caractéristiques des biotopes interne et externe de part et d'autre du banc sont très différentes en ce qui concerne les Nummulites. Cette constatation nous a incité à distinguer une zone extérieure et une zone intérieure par rapport au banc à Nummulites. Considérant schématiquement ces zones comme des bandes de largeur variable, ces bandes ont été appelées avant-banc et arrière-banc.

2a. La zone de l'avant-banc, avec parfois une zone de transition aux conditions néritiques à pélagiques, est caractérisée par une faune relativement variée de grands foraminifères. A côté de Nummulites plates, souvent à spire ouverte, on trouve en effet également des Assilines, des Operculines, des Chordoperculinoïdes, des Discocyclines, etc., et en plus, dans la zone de transition, des foraminifères planctoniques.

2b. La zone de l'arrière-banc est en général plutôt large. Le calcaire de cette zone est construit principalement à partir de bioclastes consistant surtout en petits et moyens fragments. Les Nummulites ne sont pas aussi fréquentes que dans le banc. Elles sont en général plus petites, montrent des parois épaisses et peuvent appartenir à plusieurs espèces. A côté des Nummulites on trouve souvent un important ensemble de Rotalidés. On peut reconnaître dans les fragments bioclastiques la présence d'Echinides, de Lamellibranches, de Bryozoaires, de Coraux et occasionnellement de Lithothamnium, etc.

Ce segment de l'arrière-banc est en général le plus étendu par rapport aux autres unités contemporaines. Les calcaires dudit segment sont en général bien stratifiés. Parfois dans la partie supérieure de ce même segment on trouve de petites accumulations de grandes Nummulites qui proviennent du délavage du banc. Ces îlots de Nummulites pourraient être assimilés à notre avis aux « patch-reefs » classiques et appelés îlots récifaux.

3. Ajoutons que dans le bassin littoral classique, il existe synchroniquement, en plus des trois segments dont nous venons de parler, d'autres unités lithologiques et paléocéologiques comme les *évaaporites* et près de celles-ci le *calcaire à Miliolidés* qui lui-même précède en direction de la mer ouverte le *calcaire à Alvéolines*. Enfin une zone de transition succède à ce dernier calcaire et conduit à la zone à Nummulites de l'arrière-banc.

Comme on peut le voir à la figure 2 de l'article précité, tous les segments de différents faciès forment ensemble un grand dépôt unitaire synchronique. S'il se produit une subsidence normale on retrouve les conditions qui permettent la formation d'un nouveau grand dépôt unitaire synchronique. Il va de soi que la phase de mouvement peut être plus complexe et comporter également des balancements ou encore d'autres phénomènes affectant la plateforme littorale, avant que le nouveau grand dépôt unitaire synchronique ne s'effectue.

La base des nouveaux dépôts sera naturellement soulignée d'une façon discontinue par des phénomènes de régression ou de transgression (*hard-ground*, etc.) ou parfois par des intercalations de dépôts de mer ouverte (calcaires, marnes ou argiles souvent à faune de microforaminifères planctoniques).

Dans le cas d'une grande plateforme littorale, les modifications horizontales ou verticales de sédimentation s'effectuent en fonction directe ou indirecte des mouvements subis par cette plateforme. Ces modifications sont en général bien marquées car les mouvements de subsidence et de soulèvement se font suivant un certain rythme. Malheureusement, il manque encore beaucoup d'informations sur ces mouvements rythmiques et il serait souhaitable que des travaux soient entrepris dans cette direction, en particulier pour limiter les séries d'unités synchroniques.

Attirons l'attention sur le fait que si les subsidences rythmiques sont troublées par d'autres mouvements, orogéniques par exemple, la plateforme littorale de la mer nummulitique recevra une série incomplète de sédiments. Ces mouvements peuvent être également la cause d'un remaniement partiel ou total des séries nummulitiques. Dans les cas extrêmes, les Nummulites remaniées peuvent être *redéposées* dans des sédiments de mer ouverte à faciès *flysch*.

Signalons également que dans les zones littorales réduites ou fragmentées on cherche en vain la zone à Alvéolines.

L'apparition des Discocyclinidés est par contre beaucoup plus nette; dans certains cas, en particulier dans le secteur de l'avant-banc, on peut trouver des accumulations de tests qui, non encore cimentés, ont été transportés à la suite du délavage de la partie supérieure du banc. Ces tests peuvent alors former d'immenses unités de sédiments.

II. OBJET DES RECHERCHES EN COURS

Depuis la publication de l'article sur l'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux, article dans lequel il n'avait pas été possible d'apporter des preuves définitives¹, l'auteur avait toujours espéré pouvoir compléter ses recherches en utilisant les échantillons des forages libyens. Malheureusement le contrôle des échantillons libyens et la reprise de leur étude nous semblent très difficiles à réaliser vu l'obligation de coordonner une série d'accords qui auraient dû être obtenus simultanément à savoir: 1) l'accès aux collections, 2) l'autorisation du gouvernement libyen, 3) l'accord des compagnies pétrolières et enfin mais non le moindre 4) le financement de cette recherche.

Le dernier point a été partiellement satisfait grâce à l'appui accordé en 1970 par le Fonds national suisse de la recherche scientifique, et par les facilités offertes par le Muséum d'histoire naturelle de Genève². Par suite des circonstances, nous avons dû ajourner jusqu'ici les démarches concernant les points 1) à 3) précités. Etant donné le grand intérêt en géologie pétrolière du point de vue paléoécologie d'un secteur intéressant de plateforme ou d'un bassin de plateforme (comme celui de Sirte par exemple), il nous semble que les compagnies pétrolières se seraient montrées disposées à faciliter nos projets.

Dans l'attente de pouvoir reprendre nos recherches paléoécologiques du Nummulitique de l'Afrique du Nord, nous avons décidé d'entreprendre l'étude d'une plateforme nummulitique située au N de la Méditerranée, bien que nous sachions que la plupart de celles-ci soient moins bien développées. Notre choix s'est ainsi porté sur l'Eocène du Véronais qui nous a semblé suffisamment satisfaisant comme prototype pour notre première étude paléoécologique systématique ainsi que pour décrire un exemple européen d'interprétation de séries nummulitiques de plateforme, c'est-à-dire l'interprétation de séries éocènes fortement influencées par des dépôts biologiques.

Après avoir consulté la littérature et effectué une excursion de reconnaissance sur le terrain, nous avons constaté qu'il existait un parallélisme entre le Véronais et le bassin de Sirte en Libye. Les collines situées au N de Vérone nous ont en effet montré de remarquables formations calcaires bioclastiques à Nummulites. Certaines de ces formations présentent de telles accumulations de tests plats de Nummulites que ces dernières leur donnent un caractère de « banc à Nummulites ». On observe dans les dépôts éocènes du Véronais plusieurs interruptions, représentées par des intercalations régressives, transgressives et tufeuses, démontrant ainsi que des mouvements cycliques et rythmiques ont affecté le fond de la plateforme. Ces mouvements

¹ A ce moment (1962) il n'avait pas été possible d'utiliser toute la documentation des compagnies pétrolières.

² Les auteurs tiennent à remercier très vivement les institutions précitées pour leur confiance et leur générosité.

semblent avoir été principalement des mouvements de subsidences. Ces séries du Véronais ne montrent pas de dépôts à faciès flysch et cela dans toute la région environnante.

Il y a évidemment d'importantes différences entre le Véronais et le bassin de Sirte, par exemple: 1) il n'a jamais été observé jusqu'ici d'évaporites dans l'Eocène du Véronais; 2) les grands dépôts unitaires synchroniques ne comportent que quelques segments de faciès différents; 3) la présence d'une grande quantité de fragments de *Lithothamnium* à côté de bioclastes d'origine différente, dans presque tous les faciès calcaires du Véronais parle en faveur d'une mer agitée en permanence.

Si l'on prend en considération tout l'arc alpin, il apparaît que le Véronais est en réalité l'unique secteur dont les grandes plateformes n'ont vu se déposer que du calcaire à l'Eocène. Dans la partie orientale de l'arc alpin, les plateformes nummulitiques ont été découpées en plusieurs phases par des failles et par suite leurs dépôts éocènes ont été rapidement soumis à l'érosion de sorte que les faunes ont été redéposées dans les grandes séries de Flysch de la mer ouverte, en particulier juste au devant de la plateforme. Ainsi, les Nummulites, les Discocyclines, les Alvéolines, etc., apparaissent souvent dans une succession similaire à celle des dépôts cycliques originaux de la plateforme mais souvent, les faunes redéposées se sont mélangées avant leur dépôt dans le Flysch. Vues sous l'angle paléoécologique, les séries à faciès flysch contiennent des assemblages faunistiques en situation secondaire, à distinguer du premier milieu de dépôt.

En effet, dans les régions alpines, il est rare de trouver les Nummulites et les Discocyclinidés dans leur position originale de dépôt dont la trace souvent n'existe même plus. Très souvent les Nummulites et les Discocyclinidés du banc sont mélangées avec le biotope de l'avant-banc ou dans le cas d'un transport plus important, ces foraminifères de banc se retrouvent mêlés avec la microfaune des zones néritique ou bathyale; l'association avec les foraminifères planctoniques est alors logique

III. LES BIOCÉNOSES A NUMMULITES ET LEURS EFFETS SUR LES DÉPOTS CALCAIRES DU VÉRONAIS

Les versants de la vallée d'Avesa-Gallina, située au N de Vérone, sont constitués de formations calcaires de types différents. De hautes falaises découpées par les carrières ouvertes pour l'exploitation de la pierre de construction apparaissent principalement dans la partie inférieure du versant oriental de la vallée. C'est dans ces carrières qu'était exploitée la « Pietra Gallina » qui se présente la plupart du temps comme un calcaire, légèrement crayeux, d'origine néritique de préplateforme.

Au-dessus de la Pietra Gallina, les flancs de la vallée, en particulier au Mont-Ongarina, présentent une série de bandes rocheuses. Ces bandes rocheuses sont partiellement d'origine naturelle et partiellement dues à l'exploitation en carrières de la

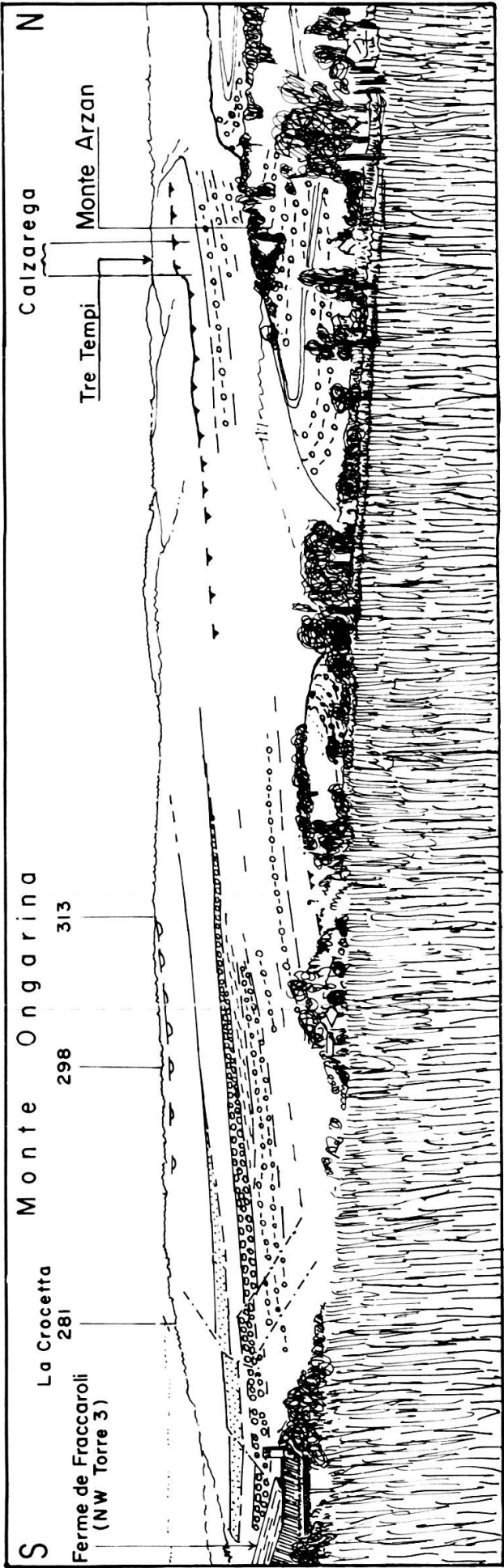
« Pietra d'Avesa ». Tandis que la Pietra Gallina contient une faune de microforaminifères très altérés, comportant quelques formes planctoniques, et parfois des intercalations en biseau de marnes tufeuses ou de calcaires à Nummulites, la Pietra d'Avesa, elle, est principalement formée de grands foraminifères, de Nummulites



FIG. 1. — Carrière abandonnée dans le « Calcaire d'Avesa » ouverte dans le « banc » à Nummulites le plus remarquable à environ 235 m d'altitude dans le versant E du Mont-Ongarina (notre localité 15a).

La structure massive du banc bioclastique à Nummulites se voit très nettement sur la photographie de la paroi sciée de la carrière; sa composition ne varie pratiquement pas sur la section d'environ 6 m de hauteur. La faible et plus ou moins irrégulière zonation est due à une plus forte densité locale de tests de Nummulites, de fragments de Lithothamnium ou encore de tests de Discocyclines. L'épaisseur totale de ce banc à Nummulites dépasse ici 10 m. On notera le changement de faciès survenant à la partie supérieure de la paroi massive verticale. On a là la limite supérieure du banc et la fin du grand dépôt unitaire synchronique. Ce dernier est suivi par une phase de mouvements de soulèvements ou de subsidences, précédant un nouveau cycle, durant lequel pourra éventuellement se former un nouveau grand dépôt unitaire synchronique.

ayant la dimension de *N. gizehensis* et de grands Discocyclinidés. Cette dernière contient également des fragments de Lithothamnium qui, bien que moins apparents, n'en sont pas moins importants en tant qu'éléments constitutifs de la roche. Ces fragments d'Algues rouges se présentent sous la forme de « pellets » ou d'éléments aussi grands que des Nummulites et sous forme de petits bioclastes de la matrice, constituant souvent jusqu'à 50 % de celle-ci. Les calcaires riches en Nummulites ou en Discocyclines donnent aux formations des caractères géomorphologiques qui se remarquent tout de suite sur les photographies prises à partir de points de vue favorables (cf. Pl. I). La vue panoramique de cette planche révèle en effet l'existence d'accumulations d'unités de calcaire plus ou moins massif et d'aspect homogène.



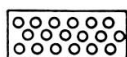
PL. I. — *Vue panoramique du versant oriental du chaînon Mont-Ongarina-Tre Tempi et essai d'interprétation des affleurements de calcaire éocène moyen.*

En haut :

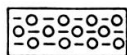
Vue panoramique prise de l'Est, soit de l'extrémité occidentale sommitale de la colline, entre les Tours n° 3 et n° 4, à environ 300 m d'altitude (notre localité 37p). La maison à gauche, au premier plan, domine la Villa Fraccaroli. La vallée d'Avesa s'étend de gauche à droite (S-N) séparant la colline des Tours de celle du Mont-Ongarina, le village d'Avesa étant situé en contrebas sur la gauche. Les parois claires sur le flanc du Mont-Ongarina apparaissent comme les traits morphologiques les plus frappants du panorama. A l'exception des parois blanches inférieures, visibles à gauche du milieu de la photographie, parois d'anciennes carrières donnant l'impression de descendre vers le N, les plus grandes bandes claires suivent exactement la stratification. Les fines bandes claires d'allure rocheuse bien visibles dans la partie arrondie sur la droite du milieu de la photographie ne sont pas pour la plupart des affleurements mais des murs de pierre sèche, soutenant des terrasses cultivées afin d'éviter les glissements sur les pentes relativement raides du versant. Le banc à Nummulites le plus supérieur et le plus caractéristique sur ce versant du Mont-Ongarina se repère facilement par les entrées arquées d'anciennes carrières souterraines. C'est ce banc qui montre les caractères les plus typiques d'un bord de plateforme à Nummulites caractéristique. Toutefois l'affleurement de ce banc ne représente pas une coupe à angle droit du bord de la plateforme mais une section plus ou moins oblique à ce dernier. Au-dessus de ce banc supérieur à Nummulites on peut voir clairement dans la partie SW du Mont-Ongarina un autre banc constitué lui par des calcaires à Pénéroplidés.

En bas :

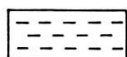
Interprétation des affleurements correspondant à des phénomènes de bancs ou de récifs et de trois niveaux de condensation importants du versant oriental du chaînon Mont-Ongarina-Tre Tempi d'après le panorama photographique ci-dessus :



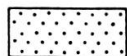
Banc à Nummulites et à Lithothamnium. C'est le plus typique des bancs découverts dans cette région et le plus élevé stratigraphiquement du Mont-Ongarina.



Fragments de bancs à Nummulites et à Discocyclines à différents niveaux.



Calcaire à Discocyclines du Mont-Ongarina.



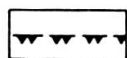
Calcaire à Pénéroplidés (« Récifs côtiers » ou « Shoal reef »).



Couche supérieure du Mont-Ongarina; calcaire nummulitique tendre, très probablement un niveau de condensation.



Couches de Calzarega: calcaire argilo-silteux = niveau de condensation s.s., et couche à Nummulites, Discocyclines, Pélécypodes, etc.



Présence probable de l'« Argile du Mont-Arzan ».

Si l'on considère les choses selon notre point de vue paléoécologique, on est immédiatement amené à penser que l'on se trouve en présence de formations ayant les caractères de bancs à Nummulites. L'examen superficiel de ces caractères suffit à montrer que l'on a affaire à un calcaire bioclastique présentant souvent une abondance de grandes Nummulites et de Discocyclinidés ou au contraire surtout des Discocyclinidés avec des Nummulites. Très généralement ces types de roches contiennent de nombreux ou d'abondants fragments de Lithothamnium. Les particularités suivantes démontrent le caractère de banc de ces formations: composition uniforme, absence totale de stratification (cf. fig. 1 et 2), une matrice bioclastique relativement réduite, une épaisseur maxima comparée à celle de la suite de ces bancs vers la partie interne de la plateforme (zone de l'arrière-banc). Il va de soi que de telles particularités étaient des plus favorables au point de vue qualité pour l'ouverture des carrières exploitées autrefois dans cette région.



FIG. 2. — Vue d'une autre partie de la carrière de notre localité 15a sur le versant E du Mont-Ongarina. Dans cette partie supérieure du « banc » à Nummulites les tests de celles-ci sont particulièrement abondants; ils représentent en effet près du 50 % de l'ensemble de la roche et se rapportent principalement à *N. aff. gizehensis*. Remarquer l'aspect caverneux très frappant de la roche.

La vue du Mont-Ongarina, prise de l'E, illustre d'une façon excellente l'existence de tels bancs à Nummulites (cf. Pl. I). Toutefois, cette illustration ne donne pas la répartition spatiale complète des bancs ni de leur bord; c'est pourquoi nous avons essayé de tracer le front de ces bancs sur l'esquisse topographique de la planche II.

Avant de traiter le point de vue paléoécologique, il nous a paru utile de donner préliminairement un aperçu stratigraphique sur les dépôts éocènes des vals d'Avesa-Gallina et de Quinzano.

IV. APERÇU STRATIGRAPHIQUE

On sait par la littérature que les dépôts du Tertiaire de la région située au N de Vérone se présentent en concordance ou en discordance sur les calcaires crétacés supérieurs de la « Scaglia ». Un affleurement isolé appartenant au Sénonien supérieur de faciès Scaglia figure sur la feuille 49 (Verona) de la carte géologique italienne au 1:100.000^e, affleurement situé dans la petite vallée de Gallina. Celui-ci est également signalé dans plusieurs récentes publications.

D'une façon générale, le fond de cette vallée de Gallina est recouvert d'une faible épaisseur d'alluvions dans lesquelles disparaît le petit cours d'eau de sorte que nulle part n'apparaît le profil d'érosion. Par contre, on peut observer à la base des versants de la vallée, des affleurements de calcaires éocènes inférieurs (et peut-être partiellement d'âge éocène moyen basal).

Ainsi les parties inférieures des versants de la vallée présentent surtout des calcaires crayeux à intercalations silteuses contenant une faune de foraminifères planctoniques mal préservée, donnant l'impression d'être d'âge éocène inférieur ou éventuellement éocène moyen basal. Signalons en passant l'existence en deux endroits (cf. nos localités 4 et 77) de classiques perforations de Pholades dans des bancs de calcaire à Nummulites à environ 3-4 m au-dessus du fond de la vallée. D'autre part à quelques mètres à l'amont d'un petit barrage (notre localité 76), nous avons échantillonné en creusant à 2 ou 3 m au-dessous de la base des calcaires à Nummulites de la localité 77¹ un marno-calcaire un peu tufeux plaqueté, gris-vert présentant de nombreux foraminifères planctoniques.

Rappelons que, d'une façon générale dans cette région, l'Eocène et surtout l'Eocène moyen diminue d'épaisseur vers le NE et que très probablement au-dessus de Quinto l'Eocène inférieur n'existe plus. De toute façon, l'observation du contact avec la Scaglia est difficile. Ainsi, à propos de l'affleurement de 17 à 18 mètres de Crétacé supérieur du val Gallina, on peut se demander s'il ne s'agit pas d'une écaille dans le Paléocène-Eocène transgressif, semblable aux phénomènes rapportés par Medizza (1965).

La plus récente subdivision stratigraphique des formations éocènes des collines situées au N de Vérone est celle donnée brièvement en 1962 par H. Schaub [59].

¹ L'ensemble des échantillons est déposé dans les collections du Département de Géologie et de Paléontologie des invertébrés du Muséum d'histoire naturelle de Genève.

Ce dernier auteur considère que les formations affleurant dans les versants du val d'Avesa représentent une des sections d'Eocène les plus complètes du Veneto. Cet Eocène, selon lui, commence avec le Cuisien inférieur et moyen auquel succède un calcaire lutétien inférieur. Dans le tableau 1 de la publication de H. Schaub [59], un intervalle hachuré indique une absence de fossiles ou peut-être la non déposition de l'Eocène inférieur et du Lutétien inférieur. Ce tableau montre également que le Lutétien moyen apparaît caractérisé par *Assilina spira* et *A. exponens* et par *Nummulites lorioli* et *N. crassus*. En outre, *N. meneghinii* et *N. aff. perforatus* indiquent le Lutétien supérieur. H. Schaub distingue une faune de transition comprenant *N. lyelli* et *N. brongniarti*, faune couvrant le passage du Lutétien supérieur au Biarritzien. La seconde espèce seule — donc sans *N. lyelli* — indique pour lui le Biarritzien. Enfin, dans le tableau sus-mentionné, le Priabonien est signalé par « Marnes à Discocyclines ». *Nummulites millecaput* est donnée comme se trouvant dans le Lutétien moyen et supérieur; l'attribution stratigraphique dans ce cas dépend, selon H. Schaub, du diamètre exceptionnellement grand de cette Nummulite.

Si le texte de la publication de H. Schaub ne donne pas d'explication quant à la lacune couvrant apparemment l'intervalle Cuisien supérieur — Lutétien inférieur de son tableau 1, le fait d'admettre cette lacune nous permet de supposer que cet

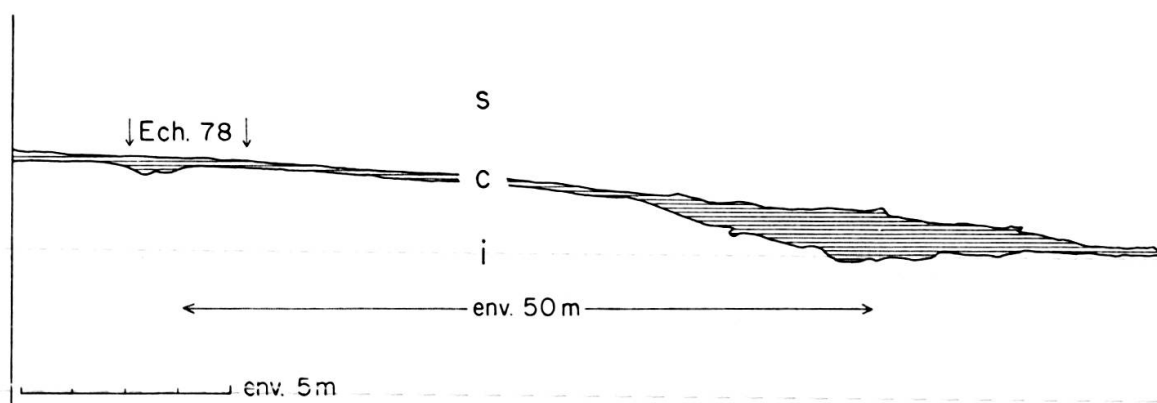


FIG. 3. — Niveau de condensation de l'Argile du Mont-Arzan (ex Tuf d'Avesa) (c), entre le Calcaire de Gallina inférieur (i) et le Calcaire de Gallina supérieur (s) dans le versant nord-ouest du Mont-Arzan.

Nos points d'échantillonnage 78 I et II ne peuvent que correspondre aux localités visitées par les auteurs qui nous ont précédés. La coupe localement plus ou moins épaisse du niveau de condensation de notre Argile du Mont-Arzan montre différents dépôts dus à diverses phases de régression et de transgression. Par suite des rapides changements des conditions de dépôt, ce niveau n'a pas pu beaucoup se développer. Dans notre esquisse, les irrégularités des limites de ce niveau de condensation, en particulier la limite inférieure, sont très schématisées.

auteur avait déjà observé la surface altérée sur laquelle s'est déposé le « Tuf d'Avesa ». Peut-être même que c'est ce phénomène qui l'a incité à admettre un hiatus dans la sédimentation. Notre collègue a donc en partie raison. La faune du Lutétien moyen

qu'il signale ne serait donc liée qu'à une couche d'argile silteuse de 10 à 50 cm. Il est rare en effet que ce « Tuf d'Avesa » montre de plus grandes épaisseurs. Principalement constitué d'une argile jaune-brunâtre, celui-ci présente parfois des bandes silteuses gris-violet ou jaune. Cette matrice renferme en grande quantité des bioclastes de diverses dimensions, allant des microforaminifères benthiques et des petits fragments de tests de macrofossiles aux grands foraminifères cassés, aux fragments de Litho-

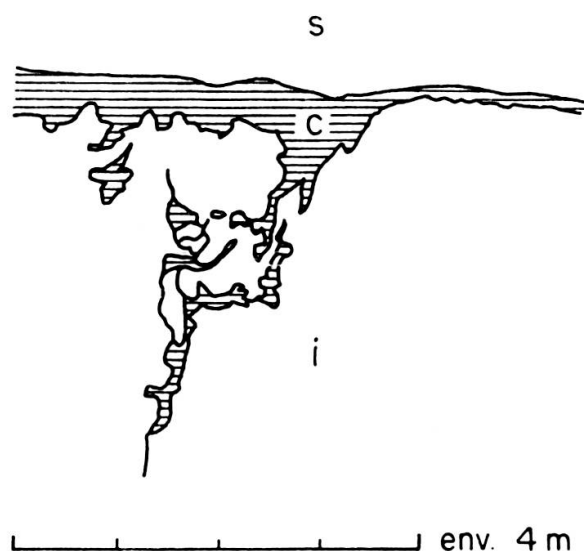


FIG. 4. — Exemple d'irrégularités de la surface du Calcaire de Gallina inférieur sur laquelle le remarquable niveau de condensation de l'« Argile du Mont-Arzan » s'est déposé.

De telles irrégularités sont fréquentes et peuvent être observées dans plusieurs affleurements, en particulier dans la paroi à l'arrière de la ferme située à l'E du Point 133 au N d'Avesa. Le schéma ci-dessus est une interprétation simplifiée de certains détails du remplissage de fissures dans le Calcaire de Gallina inférieur. On peut se demander si ces fissures ne représentent pas l'exutoire d'anciens canaux d'eau juvénile ou de gaz, les mouvements du fond de la mer ayant très certainement été connexes de venues basaltiques ou d'éjections de cendres ou de gaz et d'eaux.

i = Calcaire de Gallina inférieur.

c = Matériel du niveau de condensation (« Argile du Mont-Arzan ») présentant occasionnellement des traces de cendres volcaniques.

s = Calcaire de Gallina supérieur.

thamnium et aux tests de Pélécypodes (principalement de Pectinidés). De plus, il s'y ajoute des Nummulites et surtout des Discocyclines, les unes et les autres parfois mal conservées, de même que de très rares fragments d'Alvéolines. Les Nummulites épaisses, comme par exemple celles du groupe *uranensis-perforatus*, sont en général très altérées et parfois impropres à une préparation et à un examen détaillé. Les tests des grandes Nummulites minces du type *N. aff. millecaput*, sont pratiquement toujours cassés.

En conclusion, pour nous, ce « Tuf d'Avesa », pour lequel dorénavant nous adopterons l'expression « Argile du Mont-Arzan », ne représente pas seulement

un hiatus de sédimentation normale mais également le dépôt de matériaux dus à des régressions. La riche faune de cette Argile du Mont-Arzan provient très probablement d'un calcaire nummulitique d'âge lutétien inférieur à moyen. Le hiatus de sédimentation normale précité n'a peut-être pas été de longue durée, puisque les conditions précédant le dépôt de l'Argile du Mont-Arzan, se rétablirent rapidement. En effet, le calcaire banté du toit est le même que le calcaire microbioclastique du mur, ces calcaires renfermant l'un et l'autre une modeste faune à Globigérines.



FIG. 5. — *Le niveau de condensation entre les Calcaires de Gallina inférieur et supérieur sur le flanc NW du Mont-Arzan.*

Cet affleurement très caractéristique constitue le côté nord de la petite vallée latérale en forme de gorge située au pied NW du Mont-Arzan et se trouve ainsi en face de notre importante localité 78.

i = Calcaire de Gallina inférieur.

c = Niveau de condensation du Mont-Arzan (= « Argile du Mont-Arzan »).

s = Calcaire de Gallina supérieur.

A = Bancs de calcaires à Nummulites et Lithothamnium ou à Nummulites et Discocyclines avec par places de nombreuses grandes Nummulites plates (*N. aff. gizehensis* et *aff. millecaput*) formant le « Calcaire d'Avesa ».

Ainsi, cette Argile du Mont-Arzan qui, en réalité, est un niveau de condensation¹ sépare un Calcaire de Gallina inférieur d'un Calcaire de Gallina supérieur et se poursuit sur plusieurs kilomètres dans le val d'Avesa-Gallina et dans le vallon de Borago. Le Calcaire de Gallina supérieur a également été exploité à divers endroits

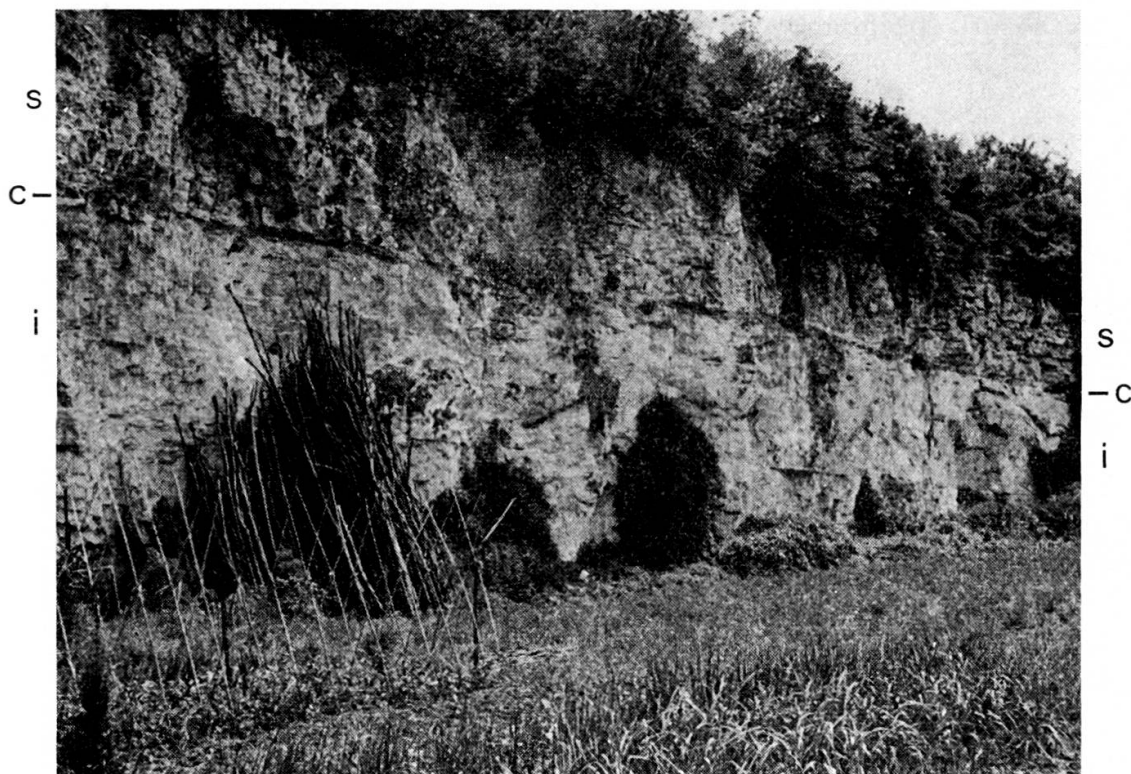


FIG. 6. — *Paroi d'une carrière abandonnée dans les calcaires de Gallina, au N d'Avesa, à l'arrière de la ferme du Point 133, au pied SW du Mont-Arzan.*

On observe très nettement la séparation entre le Calcaire de Gallina inférieur (i) et le Calcaire de Gallina supérieur (s) par le niveau de condensation (c) représenté par l'« Argile du Mont-Arzan ». (Les bancs du Calcaire de Gallina supérieur ont été particulièrement exploités sur le versant méridional du Mont-Arzan, derrière la trattoria Alfieri près de Costolo.) La limite inférieure du niveau de condensation est irrégulière et présente des fissures et des failles résultant du premier mouvement de régression. Celles-ci ont été par la suite partiellement comblées par les brèves phases de transgression qui suivirent.

¹ A propos de « niveau de condensation » ou d'« horizon de condensation », nous avons admis pour notre interprétation l'ensemble des importantes observations d'Arnold Heim [34 et 35]. La façon de Heim de concevoir l'origine de tels horizons complexes peut être en principe appliquée à la plupart de ceux découverts dans l'Eocène du nord de Vérone, en particulier à ceux limitant les grands dépôts unitaires synchroniques des séries calcaires de l'Eocène moyen. En fait, et à notre avis, c'est Wolfgang Leupold qui, le premier, en 1937-1938, a introduit l'expression « horizon de condensation » dans l'interprétation stratigraphique des affleurements d'Eocène moyen du val d'Avesa, cela dans une esquisse non publiée d'une section N-S du versant oriental de ce val, esquisse préparée apparemment dans le cadre d'une documentation pour une excursion de l'Institut de Géologie de l'E.P.F. de Zurich. Nous avons eu la possibilité de prendre connaissance en 1971 de ce document grâce à l'amabilité du Dr Francis Hirsch que nous remercions.

comme par exemple à l'W du Mont-Arzan près du point topographique 133 (cf. fig. 6) et au SE de celui-ci à l'arrière d'une trattoria (à environ 155 m d'altitude). Ajoutons enfin que le calcaire d'Avesa couronne le Calcaire de Gallina supérieur.

Le niveau d'origine d'où proviennent les Nummulites, les Discocyclines, les fragments de Lithothamnium et les grandes formes de Rotalia et de Cymbaloporida de l'Argile du Mont-Arzan, se situe probablement à environ 2 km plus au N, où la série de calcaire éocène moyen, bien que moins épaisse, est plus uniforme.

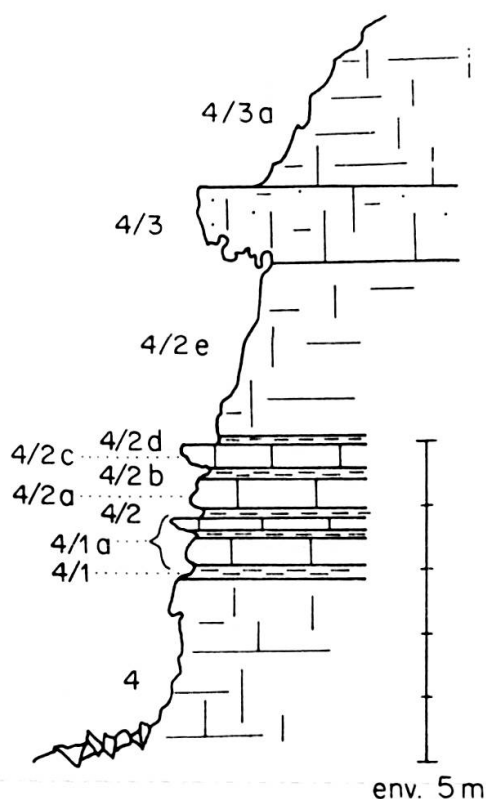


FIG. 7. — Coupe relevée à l'extrémité méridionale d'une ancienne carrière du val Gallina, sur la rive gauche du ruisseau, à l'W et sous la ferme de Roccoletto (notre localité 4). La formation est dans son ensemble du faciès « Calcaire de Gallina inférieur » sauf le niveau bioclastique à Nummulites 4/3.

De bas en haut on trouve:

- | | |
|--------------|---|
| 4 | Calcaire crayeux blanchâtre, finement bioclastique, à traces de microforaminifères; 2 à 3 m. |
| 4/1 | Marne finement silteuse à patine brunâtre; 20 à 40 cm. |
| 4/1a | Calcaire crayeux blanchâtre avec intercalation marneuse finement silteuse; 50 à 80 cm. |
| 4/2 | Marne finement silteuse brunâtre (id. 4/1); 10 à 30 cm. |
| 4/2a et 4/2c | Calcaire crayeux blanchâtre; 30 à 50 cm et 30 cm. |
| 4/2b et 4/2d | Marne brun clair plus ou moins crayeuse; 10 à 20 cm (2 ×). |
| 4/2e et 4/3a | Calcaire crayeux blanchâtre tendre; 3 m et 4 m. |
| 4/3 | Calcaire beige bioclastique à petites Nummulites et à rares Assilines, la faune étant concentrée dans le quart supérieur du banc de 120 cm d'épaisseur. |

Les calcaires du val Gallina, bien connus comme roche de construction, et par suite exploités principalement dans le versant oriental de ce val, forment une série plus ou moins compréhensive entre l'affleurement le plus inférieur et l'Argile du

Mont-Arzan. A l'exception d'une ou deux intercalations de calcaire à Nummulites, l'ensemble de la série est surtout un dépôt néritique avec une maigre faune de foraminifères planctoniques. Naturellement ce faciès se perd vers le N et est remplacé par des dépôts néritiques bioclastiques ou par des calcaires littoraux. L'affleurement le plus septentrional examiné dans le val Gallina (notre localité 6) se trouve à environ 200 m au-delà de notre localité 4, à l'W et en dessous des maisons de Roccoletto. A la base de la section on trouve un calcaire clastique, localement un peu sableux, à empreintes de végétaux. Au-dessus de celui-ci apparaît un calcaire noduleux à Nummulites, avec *N. aff. partschi*, *N. aff. pernotus* et *N. aff. atacicus*.

A notre localité 4 (cf. Pl. II et fig. 7), on peut observer un calcaire crayeux ou silteux d'origine néritico-pélagique. Le caractère originel bioclastique de celui-ci est partiellement oblitéré par son évolution crayeuse. Dans la partie supérieure de la section (à 4/3), existe une couche de calcaire à Nummulites dans lequel nous avons reconnu provisoirement: Nummulites sp. du groupe *N. burdigalensis* assez fréquente et une forme proche de *N. pernotus* Schaub. *Assilina placentula* ne se rencontre que très rarement dans cette couche.

En suivant cette couche vers le S, le long du versant oriental de ce val Gallina, on s'approche d'une section plus riche en Nummulites, soit notre localité 2. A cet endroit, les bancs de calcaire sont plus épais qu'à 4/3 et plus riches en grands foraminifères, en particulier en Nummulites et en fragments de Lithothamnium (cf. fig. 8).

Dans les deux localités, un calcaire assez dur bien qu'encore crayeux recouvre un calcaire pélagique à intercalations marno-silteuses. Les Nummulites de la localité 2 sont en général de plus grande dimension que celle de la couche 4/3. La forme la plus frappante est *N. munchisoni* de la Harpe qui est assez fréquente.

Environ 200 m plus à l'aval, à notre localité 110, nous avons pu observer un autre affleurement de calcaire à Nummulites. A cet endroit on trouve une roche gris-blanc, un peu crayeuse, à nombreux petits fragments de matériel tufeux vert, contenant les Nummulites suivantes: *N. atacicus* Leym. (A+B), fréquente; *N. nitidus* de la Harpe (B+A), rare; *N. aff. irregularis* Desh. (éventuellement *N. munchisoni*).

Encore un peu plus bas, à environ 200 à 300 m, toujours sur la rive gauche, nous avons échantillonné un calcaire à Nummulites (notre localité 77), situé à l'amont du petit affleurement sénonien de Scaglia. Là, les Nummulites se trouvent dans la partie inférieure d'un petit escarpement, à environ 3 m au-dessus du lit alluvial du torrent, à l'amont d'un petit barrage où se termine une zone cultivée. Bien que ce nummulitique ressemble à celui de la localité 2, le contenu paléontologique de cette localité 77 pourrait être à peine plus jeune. Nous y avons en effet reconnu *N. partschi* de la Harpe (B+A), certaines formes A rappelant *N. granifer* Douv. (= *N. leupoldi* Schaub). Ce calcaire montre également quelques petits fragments anguleux de matériel tufeux. Les niveaux calcaires à Nummulites précités (4/3, 2, 110 et 77) sont surmontés d'une impressionnante série de calcaires à Globigérines, occasionnellement entrecoupée par des intercalations marno-silteuses bien visibles dans les parois des

carrières abandonnées du val Gallina. Jusqu'ici nous n'avons pas observé d'autres intercalations de calcaire à Nummulites dans cette série d'environ 30 à 50 m de calcaires à Globigérines s'étendant entre notre localité 77 et l'Argile du Mont-Arzan. Cette série appartient probablement à la partie supérieure de l'Eocène inférieur et monte même jusque dans le Lutétien. La faune de foraminifères planctoniques

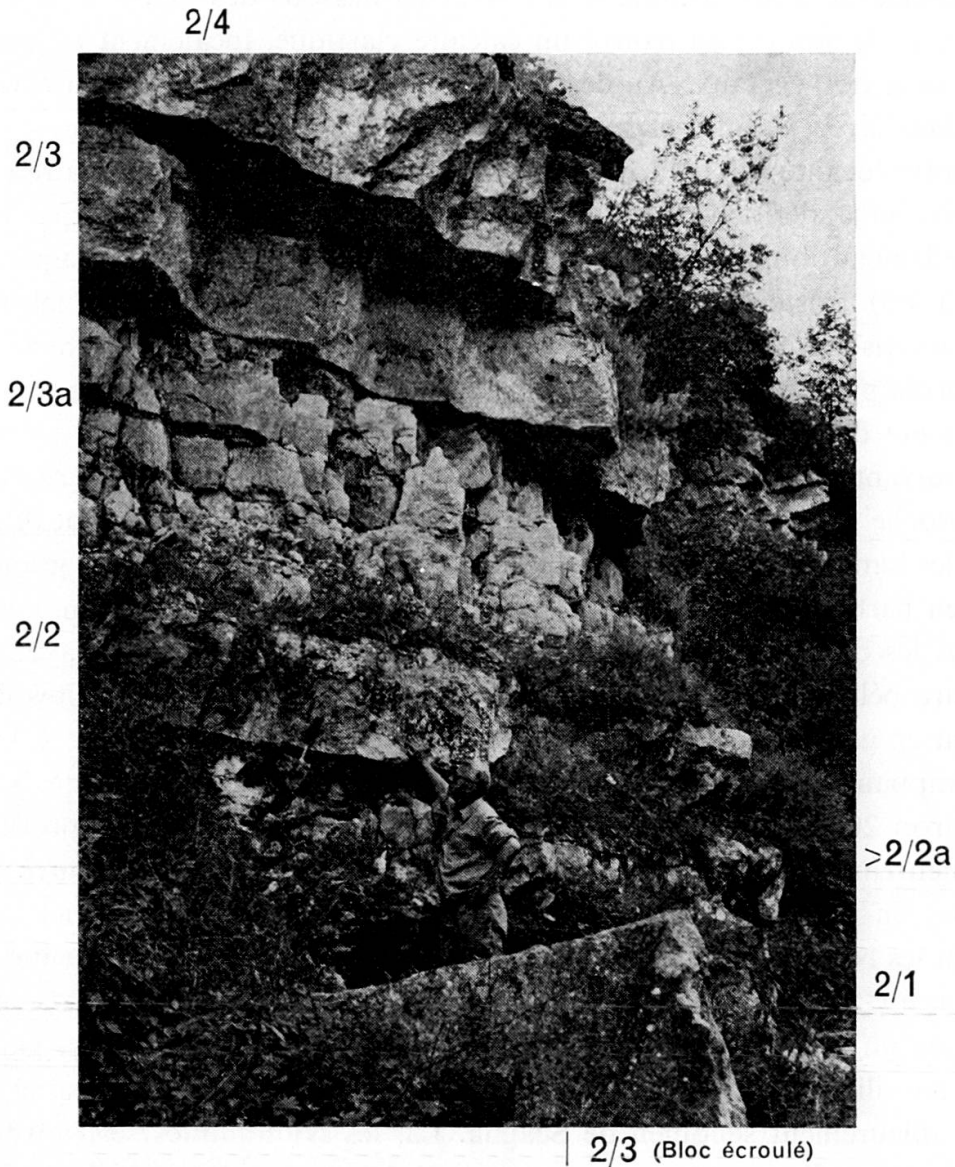


FIG. 8. — Calcaires à Nummulites intercalés dans la série du Calcaire de Gallina inférieur (val Gallina, notre localité 2).

- 2/1 Calcaire crayeux blanchâtre à petites et moyennes Nummulites fréquentes, à grandes Nummulites rares et à Lithothamnium abondants; plus de 50 cm.
- 2/2a Calcaire blanchâtre à rares microforaminifères; 1,30 m.
- 2/2 Calcaire blanchâtre, partiellement crayeux, à petites et moyennes Nummulites, à rares grandes Nummulites et à Lithothamnium abondants; 80 cm.
- 2/3a Calcaire crayeux blanchâtre, tendre; 2,20 m.
- 2/3 Calcaire jaune clair, partiellement crayeux à Nummulites et à Lithothamnium abondants; 60 à 80 cm.
- 2/4 Calcaire jaune clair partiellement avec Nummulites.

d'échantillons récoltés 3 à 10 m au-dessus des calcaires à Nummulites de nos localités 110 et 2 n'est pas convaincante¹.

Au-dessus du Calcaire de Gallina supérieur il existe au moins trois niveaux distincts de calcaires très riches en grandes Nummulites. La composition faunistique ne varie pas beaucoup d'un niveau à l'autre. Les grandes nummulites que l'on y trouve, soit des espèces du groupe *N. gizehensis* et *N. millecaput*, indiquent principalement l'Eocène moyen, le Lutétien supérieur n'étant cependant pas exclu. Cette série des calcaires d'Avesa atteint une épaisseur de 40 à 60 m dans le versant oriental du val d'Avesa-Gallina et environ plus ou moins 75 m au Mont-Ongarina.

Dans le versant oriental du Mont-Ongarina, nous pensons que l'Argile du Mont-Arzan est représentée à la base d'une succession marno-crayeuse ou silteuse, en général blanchâtre, mais aussi jaunâtre ou brun-rouge par endroits. Certaines parties de cette succession montrent des intercalations noduleuses d'un calcaire sparitique plus dur. Si les foraminifères planctoniques sont plus ou moins fréquents dans les parties tendres², par contre ils sont rares ou même absents dans les nodules de calcaire. Ce dernier qui est partiellement bioclastique contient assez fréquemment de petites Discocyclines. Ce faciès sublittoral-néritique peut être considéré comme l'équivalent du Calcaire de Gallina supérieur.

La série des calcaires d'Avesa qui succède au Calcaire de Gallina supérieur est beaucoup plus fossilifère. L'examen des Nummulites des bancs étant encore en cours, nous espérons bientôt pouvoir apporter de meilleures précisions chronostratigraphiques. Pour le moment, nous considérons ces Nummulites comme des formes très proches de *N. gizehensis* (Forsk.). Parfois certaines de ces formes du Véronais peuvent être considérées comme proches de *N. millecaput* Boubée par suite de l'allure en diagonale des cloisons. Toutefois, cette disposition ne s'accompagne pas du caractère fin et ondulé (« faible ») typique des cloisons du groupe *perforatus* comme on peut très bien l'observer dans la section équatoriale des vraies formes de *N. millecaput*. Les *N. aff. millecaput* du calcaire d'Avesa montrent en général de fortes

¹ Nous tenons à remercier ici, M. le professeur H. Bolli, d'avoir accepté de faire examiner nos échantillons dans son laboratoire de l'E.P.F. de Zurich.

² Un échantillon de notre localité 20 a été examiné par M^{lle} Monique Toumarkine, Assistante à l'E.P.F. qui a déterminé les espèces suivantes:

« *Globorotalia bullbrooki* Bolli
Globorotalia spinulosa Cushman
Globorotalia spinuloinflata (Bandy)
Globigerina eocaena Guembel
Globigerina linaperta Finlay
Truncorotaloides topilensis (Cushman)
Globigerinatheka mexicana barri Brönnimann
Globigerinatheka subconglobata luterbacheri ? Bolli

Cette association indique l'Eocène moyen, probablement la partie moyenne à supérieure. »

Nous adressons ici nos plus vifs remerciements à M^{lle} Toumarkine pour son aimable et importante contribution.

cloisons très comparables à celles de *N. gizehensis* (Forsk.) au sens large. Nous espérons pouvoir préparer bientôt un article sur ces grandes Nummulites du Véronais.

Les biotopes des bancs à Nummulites du calcaire d'Avesa présentent occasionnellement et fortuitement d'autres espèces de Nummulites plutôt petites comme *N. discorbinus* (ou *beaumonti*) ou encore parfois mais rarement comme *N. aff. bullatus* Azzaroli. Cette observation n'a été faite jusqu'à présent que dans la faune du banc à Nummulites le plus supérieur du Mont-Ongarina. Il nous a semblé jusqu'ici que l'interprétation chronostratigraphique de la faune de ces bancs à Nummulites est en général moins concluante que celle des biotopes des niveaux de condensation. En ce qui concerne le facteur temps, à propos de la genèse de ces bancs à Nummulites d'une part et des niveaux de condensation d'autre part, on peut admettre que le dépôt des bancs s'est effectué dans un temps moindre que celui nécessaire au dépôt de certains niveaux de condensation. Il nous semble donc préférable d'utiliser en priorité les dépôts de condensation pour la subdivision chronostratigraphique.

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, il existe à différents niveaux, au-dessus de l'Argile du Mont-Arzan, plusieurs autres niveaux de condensation; ainsi, la couche de Calzarega qui sous une forme complexe se poursuit vers le S dans le Mont-Ongarina au-dessous du banc à Nummulites le plus supérieur. L'existence d'une autre couche de condensation a été constatée à l'extrémité méridionale du plateau sommital du Mont-Ongarina où elle forme la base du calcaire priabonien à Discocyclines. De plus il est bien possible qu'une couche de même nature se développe dans la prolongation septentrionale du « banc » à Pénéroplidés apparaissant comme le banc le plus supérieur dans le flanc oriental du Mont-Ongarina (cf. pl. I). Ce banc, tout à fait différent quant à son origine et à sa constitution par rapport aux bancs à Nummulites, se développait comme un dos allongé et isolé dans la zone néritique faisant penser à un « shoal reef ».

A propos d'autres niveaux de condensation, signalons en particulier celui que nous avons pu mettre en évidence au SW de la ferme de Calzarega, le long du chemin allant de Tre Tempi à Avesa (notre localité 25c-25c¹). Ce niveau de condensation se compose en réalité d'un niveau inférieur basal, crayeux, jaunâtre, de 0,50 à 2 m d'épaisseur qui représente le véritable niveau de condensation et au-dessus d'une couche de 3 à 4 m d'épaisseur présentant une accumulation irrégulière d'un mélange de Pélécypodes, de Gastéropodes et de très nombreuses Nummulites, Discocyclinidés et Lithothamnium. Les Nummulites les plus fréquentes sont *N. aturicus* et *N. aff. perforatus*. Il semble que ce niveau très fossilifère se perd graduellement vers le S et que ces Nummulites sont alors disséminées dans des bancs calcaires plus supérieurs. Ainsi, *N. aturicus* et *N. perforatus* existent dans des calcaires en bancs épais, situés 10 à 12 m ou davantage au-dessus du niveau de condensation de base. Les observations que nous avons effectuées jusqu'ici nous ont amenés à supposer l'existence d'une très faible discordance angulaire entre le niveau de condensation basal et la série

d'environ 30 m des calcaires situés au-dessus. La zone d'inflexion devait se trouver à l'emplacement de Calzarega.

Très probablement il s'est produit là le remplissage d'un petit bassin plus ou moins étendu à l'arrière des bancs à Nummulites supérieurs du Mont-Ongarina, c'est-à-dire dans la zone d'arrière-banc.

L'étude provisoire des Nummulites de la couche supérieure de Calzarega nous a montré outre *N. aturicus* Joly et Leym. (B) et (A) et *N. aff. perforatus* (Montfort) déjà signalées comme fréquentes, l'existence de :

N. cf. gizehensis (Forskal) (B) et (A), fréquente,

N. variolarius (Lam.), rare mais fréquente avec certaines accumulations de tests de Pélécypodes,

N. aff. discorbinus (Schloth.), rare mais également fréquente dans certaines accumulations de tests de macrofossiles.

Cet assemblage de Nummulites indique un âge fin Lutétien moyen à Lutétien supérieur. Le niveau de condensation de Calzarega peut se suivre facilement sur au moins 1 km le long d'un ancien chemin carrossable en direction d'Avesa.

Nous pensons enfin que ce niveau de condensation basal peut être corrélé avec l'horizon de Pozzani ayant subi une influence volcanique.

Nous avons d'autre part pu reconnaître un troisième niveau de condensation à notre localité 52/7, soit à l'extrémité méridionale du plateau sommital du Mont-Ongarina, dans un affleurement fragmenté et altéré mais très riche en Nummulites. Cet affleurement forme une étroite bande située entre le calcaire à Discocyclines du sommet et la série de calcaires néritiques beige et jaunâtre durs de la partie supérieure du Mont-Ongarina. La médiocrité de celui-ci ne nous a permis que de lui attribuer une épaisseur d'environ 0,50 à 1 m. Dans ce calcaire altéré tendre nous avons reconnu à première vue :

N. rouaulti d'Arch. et Haime (= *N. aturicus* Joly et Leym.).

N. aff. rütimeyeri de la Harpe, très rare à rare.

N. cf. fabianii (Prever), rare à fréquente ?

et des formes du groupe *N. vascus* Joly et Leym. — *N. incrassatus* de la Harpe, fréquentes à abondantes.

Dans un affleurement mieux consolidé de calcaire bioclastique et situé dans la partie supérieure du flanc SW du Mont-Ongarina, près de la Crocetta (Point 281), nous avons constaté des indices de *N. fabianii*. Ce troisième niveau de condensation se trouverait ainsi probablement dans l'Eocène supérieur.

Les « Marnes à Discocyclines du Priabonien », qui dans la partie méridionale de la plateforme sommitale du Mont-Ongarina sont représentées par un calcaire compact mais assez tendre, ont été échantillonnées à Bellosguardo dans la tranchée

de la route, près du théâtre romain de Vérone, au pied sud du Mont-Ongarina et dans la plateforme sommitale précitée (nos localités 35, V1, V2, 27/1-3 et 32). Sauf à Bellosguardo, nous avons partout pu constater, même dans le faciès compact du plateau sommital de l'Ongarina, la présence d'une petite Nummulite, qui semble être la seule espèce que nous ayons pu observer jusqu'ici. Cette petite Nummulite présente un bord tranchant, et sans être particulièrement épaisse, montre des boutons assez prononcés correspondant de chaque côté à un pilier central. Le pas de la spire et la forme des cloisons ressemblent beaucoup à ceux de *N. striatus*; mais, la dimension réduite du test suggère une forme miniature. Cette *Nummulites* cf. *striatus* (Bruguière) rappelle beaucoup la *Nummulites striatus* du Priabonien alpin.

D'une façon générale, nous sommes d'accord avec l'âge priabonien attribué aux Marnes à Discocyclines comme l'indique la littérature, et d'accord de confirmer l'opinion de Fabiani et des autres auteurs, opinion établie à partir de macrofossiles appartenant aux familles des Echinidés, des Ostréidés et des Pectinidés.

V. LA SUCCESSION CYCLIQUE DES DÉPÔTS DE LA PLATEFORME LITTORALE ET LA FORMATION DES BANCs A NUMMULITES

Avec l'expression « succession cyclique » des dépôts, nous entendons démontrer l'existence d'un principe de succession et de répétition de certaines conditions de dépôt dans le cas d'une série ou d'un système de formations surtout calcaires sur une plateforme littorale, en pensant plus particulièrement à une plateforme éocène.

Les interruptions de la sédimentation calcaire sont en principe dues à une sorte de mouvements cycliques du fond de la plateforme. L'effet principal de ces mouvements est naturellement de nature verticale et trouve très certainement son origine dans des mouvements de subsidences ou de balancement. Durant ces mouvements, la sédimentation calcaire peut être par endroits plus ou moins ou partiellement maintenue. D'autres mouvements du fond de la plateforme qui provoquent des soulèvements ou une suite d'élévations et d'abaissements caractérisent ces interruptions. A la suite de nos observations dans le Véronais et des expériences que l'un de nous a pu effectuer dans d'autres secteurs ou bassins de plateforme, nous avons été amenés à penser que ces interruptions de sédimentation provoquant la formation des niveaux de condensation apparaissent périodiquement dans les séries nummulitiques éocènes calcaires.

Nous pouvons d'autre part confirmer l'existence cyclique indéniable dans le Lutétien du Véronais de grands dépôts unitaires synchroniques, la plupart du temps avec leur banc caractéristique, grands dépôts séparés par des lacunes ou par de faibles formations de régression ou de transgression ou encore occasionnellement par des « hard grounds ».

Nous avons déjà cité dans notre aperçu stratigraphique l'existence de plusieurs horizons et formations caractéristiques que nous avons interprétés comme niveaux de condensation. Leur contenu fossilifère est parfois très varié, comportant surtout de riches assemblages de Nummulites, des Discocyclinidés, etc, ces assemblages faunistiques n'étant pas toujours issus d'une seule biocénose. En effet, souvent, il s'agit d'une faune mélangée pouvant être composée d'une faune originelle in situ et d'une thanatocénose délavée.

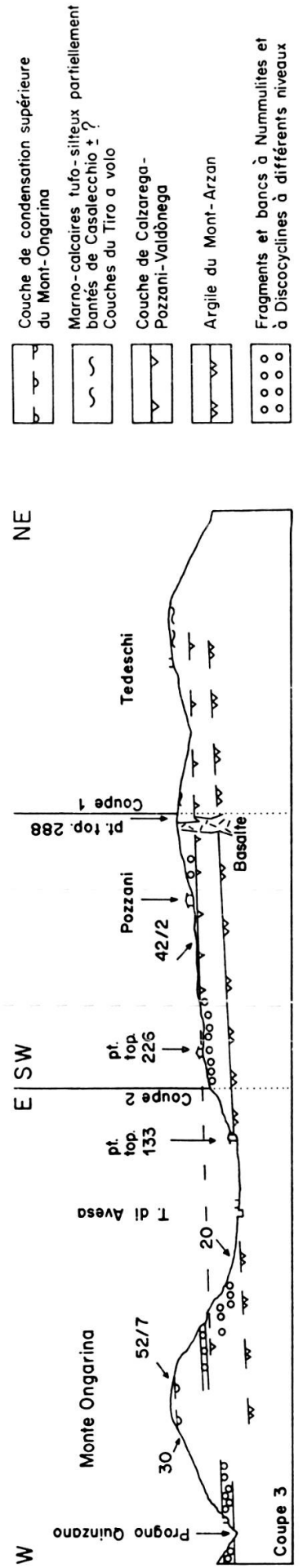
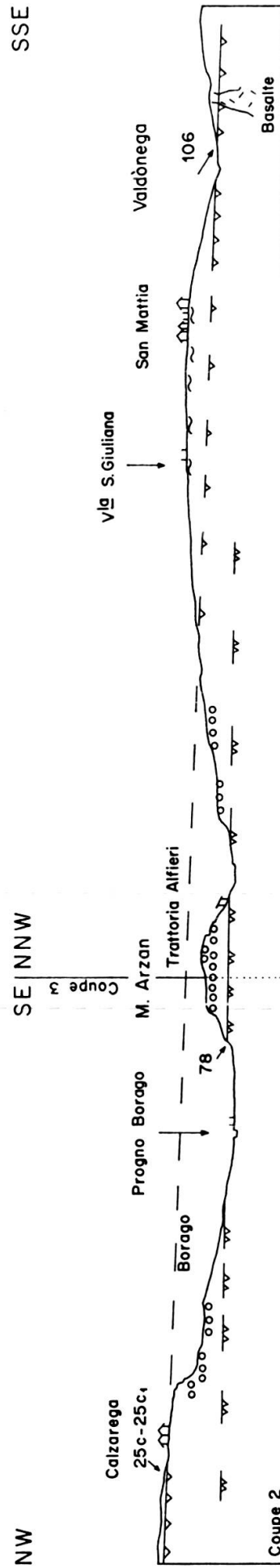
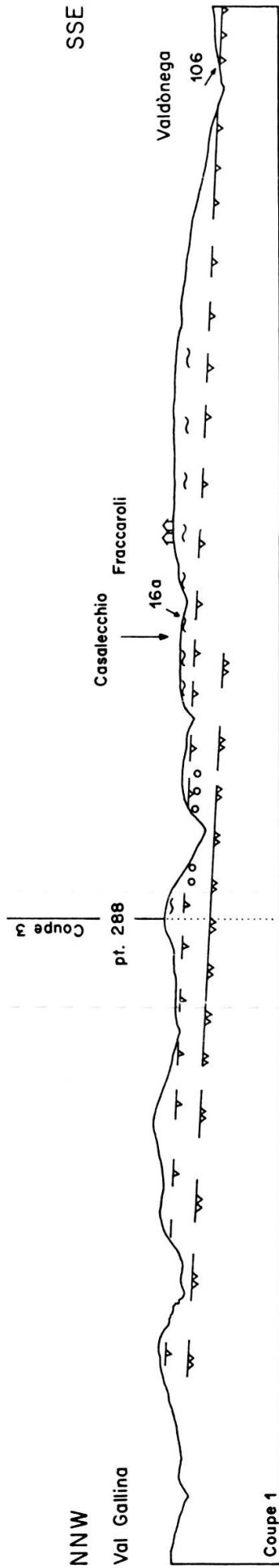
Bien que les niveaux ou les couches de condensation comportent une ou plusieurs phases de régression, il peut arriver que l'épaisseur de ces niveaux ou des couches diminue par endroits pour n'être plus représentés que par un « hard ground » pelliculaire. Mais lorsqu'on suit ces niveaux en direction de la mer ouverte, ceux-ci peuvent passer à un dépôt transgressif qui peut être relativement important. En fait, ce dépôt fait déjà partie de la phase transgressive succédant chronologiquement aux dépôts du niveau de condensation. Toutefois l'examen superficiel des affleurements peut laisser croire que les dits dépôts transgressifs, par suite de leur situation latérale connexe, font partie du niveau de condensation. Par contre, la situation devient tout à fait claire lorsque la transgression étale ses conditions pélagiques plus ou moins loin à l'intérieur de l'ancienne plateforme. Ainsi la superposition du calcaire de Gallina supérieur sur l'Argile du Mont-Arzan, dans les parois inférieures de cette colline et à la base du Mont-Ongarina.

D'une façon générale, les diverses caractéristiques des niveaux de condensation des séries éocènes du Véronais, dont nous avons parlé dans notre aperçu stratigraphique, sont en résumé les suivantes :

1. Des dépôts formés au cours des mouvements responsables des régressions.
2. Des lacunes de sédimentation dont parfois il n'existe que des traces sauf dans le cas de la présence d'un « hard ground » pelliculaire très net.
- 3a. Des dépôts formés au cours d'une régression puis modifiés et recouverts par des sédiments d'une brève transgression.
- 3b. Des dépôts de nature transgressive.

En plus des niveaux de condensation déjà mentionnés dans notre aperçu stratigraphique, nous avons encore pu observer d'autres affleurements de niveaux de condensation, et il est fort possible qu'il en reste encore à découvrir. Jusqu'ici, dans l'Eocène étudié et, de bas en haut, nous avons pu mettre en évidence les niveaux intercycliques suivants :

1. Argile du Mont-Arzan * (régressif et transgressif).
2. Couche de Calzarega * — ? — Horizon de Pozzani * — ? — Couche de Valdònega * (régressif).
3. Marno-calcaires tufo-silteux partiellement bantés de Casalecchio (transgressif — régressif).



4. Couches du Tiro a volo partiellement tufeuses (transgressif).
5. Couche de San Rochetto (régressif, loc. 126/1).
6. Couche supérieure du Mont-Ongarina * (régressif).

Les niveaux avec astérisque peuvent certainement être assimilés à des niveaux de condensation. D'autre part, les corrélations suggérées doivent être considérées comme des hypothèses de travail, leur confirmation dépendant encore d'observations supplémentaires de terrain. Nous avons essayé dans la figure 9 de donner une idée provisoire de corrélation des niveaux de condensation et de quelques grands dépôts unitaires synchroniques entre l'Est et l'Ouest de la vallée d'Avesa.

Alors que les sédiments des niveaux ou des couches de condensation ne représentent qu'une petite fraction de l'ensemble des dépôts éocènes moyens de la plateforme, l'essentiel de cet Eocène moyen se trouve accumulé dans les grands dépôts unitaires synchroniques soit entre les niveaux de condensation.

Il y a naturellement une relation entre ces deux ensembles de cycles: d'une part celui des niveaux ou couches de condensation et d'autre part celui des grands dépôts unitaires synchroniques comportant le phénomène du banc. L'épaisseur de ce dernier cycle peut atteindre environ 25 à 40 m alors que celui des couches de condensation peut varier entre 0 et 2 m environ mais très rarement davantage.

Cette relation devient particulièrement évidente si l'on considère le fait qu'un grand dépôt unitaire synchronique commence à se former immédiatement après la phase de mouvements de la plateforme et dès la fin des phénomènes d'érosion et de dépôts responsables de la formation de cette couche de condensation. Par contre cette relation est beaucoup moins évidente lorsque la couche de condensation est extrêmement réduite. Souvent en effet, comme nous l'avons déjà dit, cette dernière peut ne se présenter que sous la forme d'un hard-ground pelliculaire. Ainsi, il est fort possible que la couche de Calzarega s'amincisse vers le sud et que c'est là peut-être une des raisons pour laquelle nous n'avons pas encore pu la retrouver jusqu'à présent.

Dans le système de la région Avesa-Gallina-Borago nous avons pu constater l'existence probable d'une succession d'au moins trois unités synchroniques présentant chacune un banc. Il est en effet possible que la plus basse de ces unités, soit celle de Borago, puisse comporter deux bancs, de sorte que la section Calzarega-Borago montrerait quatre bancs. C'est pourquoi nous pensons que la prolongation vers le sud de la couche de Calzarega pourrait passer soit au sommet du premier banc, soit au sommet du second banc du Mont-Ongarina. Quant au troisième banc dans lequel ont été ouvertes d'importantes carrières pour l'exploitation de la Pietra d'Avesa, il se termine déjà à environ 900 m au NNE de la Crocetta (Point 281), c'est-à-dire à mi-chemin entre ce point et la ferme de Calzarega. Ce troisième banc ne se poursuit donc pas dans la région de Calzarega-Tre Tempi.

Les bancs de Nummulites et de Lithothamnium ou de Nummulites, de Discocyclines et de Lithothamnium, affleurant dans le flanc oriental du Mont-Ongarina,

dans la région de Calzarega-Borago et au-delà, dans les collines de Spigolo, du Mont-Arzan et dans les environs de ce dernier, semblent former au NE du chaînon Mont-Ongarina-Tre Tempi un demi-cercle autour d'un centre montrant surtout des caractères d'arrière-banc (cf. planches I et II). Les unités synchroniques, comportant chacune un banc caractéristique, se succèdent d'une façon très rapprochée. En effet, jusqu'ici, nous n'avons pas encore pu mettre en évidence des preuves certaines de phases de mouvements ou des dépôts correspondant à des limites entre ces unités très rapprochées. Comme déjà rappelé précédemment, les horizons de condensation peuvent n'être représentés que par une fine ligne de suture. C'est dans les zones où les bancs ont atteint leur plus grande épaisseur que l'on peut s'attendre à trouver ce genre de limites très fines plus ou moins apparentes. Bien malheureusement, jusqu'ici, nous n'avons pas encore pu développer nos recherches de terrain dans ce sens. En liaison avec ce qui précède, nous avons toutefois effectué une observation importante: soit, la présence d'une formation calcaire à Discocyclines bien développée, qui bien qu'ayant une extension réduite, se trouve située entre le second banc et le troisième banc du flanc oriental du Mont-Ongarina (cf. planche I). Il est tout à fait possible que ce calcaire à Discocyclines intercalaire rejoigne rapidement vers le sud les formations à Discocyclines de l'avant-banc et celles néritiques de la mer ouverte.

Il va de soi que la découverte d'autres indices de phases de régression dans un ensemble de bancs empilés ne peut se réaliser qu'à la suite d'études détaillées de terrain prenant beaucoup de temps. Nous pensons par exemple que seul un examen très poussé permettrait de retrouver la trace de la mince prolongation méridionale de la couche de Calzarega.

L'invasion par des conditions néritiques de préplateforme de la plateforme de l'Eocène moyen s'est produite deux fois: une fois à l'Eocène inférieur ou un peu avant et une fois au Lutétien supérieur très probablement. Ces invasions sont caractérisées par les dépôts et les faunes suivantes:

1. *Au Pré-lutétien*: Calcaire silteux néritico-pélagique à modeste faune de foraminifères planctoniques et occasionnellement avec macrofossiles au-dessous et au-dessus des calcaires à Nummulites du Cuisien (ou éventuellement Lutétien le plus inférieur, cf. notre aperçu stratigraphique).

Des Nummulites ou parfois des Discocyclines forment à certains endroits des accumulations frappantes dans deux niveaux du Calcaire de Gallina inférieur. Au-dessous et au-dessus de telles zones à Nummulites on trouve des calcaires silteux néritico-pélagiques. Ces zones à Nummulites peuvent être interprétées comme bancs en formation ou comme bancs rudimentaires.

2. *Vers la fin du Lutétien*: Comme nous l'avons déjà dit précédemment, dans les formations calcaires faisant suite au banc à Nummulites le plus supérieur de la partie méridionale du Mont-Ongarina, on trouve un calcaire à l'allure de banc, constitué principalement de tests de Pénéroplidés, soit un dépôt de mer ouverte.

Ainsi, des conditions de mer ouverte (néritiques) ont dû régner sur l'ancienne plateforme. Malheureusement nous n'avons pas encore pu recueillir suffisamment d'informations sur cette transgression. Théoriquement, on peut donc s'attendre à trouver plus au Nord des conditions caractéristiques de plateforme, éventuellement même avec des bancs. Mais nous n'avons pas encore pu pousser nos recherches jusque là.

VI. LA CROISSANCE DES BANCs A NUMMULITES

De quelle façon les bancs à Nummulites (à Lithothamnium et à Discocyclines) se forment-ils ? Quelles sont les conditions d'environnement favorisant ce genre de biotope à grandes Nummulites plates, à Algues rouges, à Discocyclines, etc. ?

La réponse que nous allons tenter de donner ici à ces questions doit tenir compte de plusieurs facteurs : en particulier, profondeur de l'eau, action des vagues et forme du bord de la plateforme. Confirmant la définition de Jean-Claude Fischer [26] : « La paléoécologie est une science de synthèse », nous avons été amené à concevoir une description globale de synthèse dans laquelle bien naturellement l'imagination est appelée à jouer un rôle très important.

Dans de précédentes publications, l'un de nous a fait remarquer que les grandes espèces plates de Nummulites, comme *N. gizehensis* (s.l.), *N. millecaput* et *N. laevigatus* vivaient de préférence sur le bord de la plateforme, pour autant que ce bord ait été déjà suffisamment édifié. Ces espèces de Nummulites et de nombreuses espèces de Discocyclines trouvaient dans cette zone les conditions les plus favorables pour une rapide et extraordinaire évolution. Le dépôt des tests s'effectuait de préférence sur ce bord et provoquait par leur accumulation une augmentation de la pente interne du banc ; mais très souvent cette accumulation a été fortement modifiée par l'effet des vagues. Pour autant que l'allure du bord de la plateforme couronné par les bancs, puisse être déduite de l'examen des affleurements du chaînon Mont-Ongarina-Calzavara-Tre Tempi, du Mont-Arzan, etc., il semble que la direction générale des bancs s'aligne suivant le modèle de la courbure d'une partie d'atoll. Toutefois, considérée en détail, cette direction est en réalité sinueuse.

La croissance du banc est fortement affectée par l'action des vagues dues aux vents violents provenant de la haute mer. Il pouvait ainsi se former localement des accumulations de coquilles et de bioclastes, accumulations entre lesquelles se créaient des chenaux s'ouvrant vers la mer ouverte. Les entassements des tests pouvaient prendre la forme, à petite échelle, de collines, de chaînons ayant différentes directions, surtout perpendiculaires au bord de la plateforme. La partie supérieure de ces petits reliefs atteignant le niveau des marées, c'est dans cet environnement que les Algues rouges trouvaient le meilleur milieu pour un luxuriant développement. En effet, nous avons pu avoir la preuve du développement exubérant de ces Algues

rouges en observant les très nombreuses traces de leurs racines sur les tests des grands foraminifères, en particulier sur ceux des Discocyclines. De plus, les innombrables fragments (bioclastes) de thalles et de branches que l'on observe dans les grandes accumulations de Nummulites et de Discocyclines et dans les matrices bioclastiques sont une preuve supplémentaire et indéniable de cette riche vie algaire. Souvent la matrice liant les tests de foraminifères et les fragments de Lithothamnium n'est pas importante; par contre, il peut arriver qu'elle soit bien représentée et montrer alors une très grande richesse en microfragments de Lithothamnium. Ces microfragments comme du reste les bioclastes plus grands tels les thalles de ces algues rouges étaient des éléments légers pour les vagues: on les trouve en effet dans le Véronais, loin à l'intérieur des segments de l'arrière-banc dans pratiquement toutes les formations calcaires bioclastiques.

Si l'on ne connaît pas encore suffisamment les profondeurs d'eau favorables à la vie des Nummulites et des Discocyclines, on sait par contre que les Algues rouges elles, préfèrent les eaux aérées et c'est pourquoi celles-ci vivent en eau peu profonde et au niveau des marées. On admet que les grands foraminifères vivaient eux dans des eaux certainement plus profondes que les algues et que les Nummulites étaient elles-mêmes à une profondeur un peu plus importante que les Discocyclines. Malgré leur forme plate, les Nummulites étaient plus lourdes que les Discocyclines de même grandeur. Seules les vagues d'une certaine importance avaient la force suffisante pour les transporter, alors que les tests de Discocyclines et encore plus les thalles des Algues rouges étaient toujours facilement flottés.

Le fait que nous ayons pu observer des racines de Lithothamnium sur les tests de Discocyclines et de Nummulites n'est pas une preuve irréfutable de la profondeur de vie des Nummulites ces tests ayant été apportés, par les vagues, au sommet des entassements de matériel biodétritique. Toutefois, nous pensons qu'il est possible de dire que les grandes Nummulites plates devaient vivre à moins de 30 m de profondeur. Mais il va de soi que leurs conditions de vie, partiellement flottante, font qu'il est possible d'admettre qu'elles pouvaient vivre au-dessus ou au-dessous de cette profondeur de 30 m.

Nous espérons que nos observations microscopiques nous apporteront davantage d'arguments indirects en ce qui concerne la profondeur à laquelle vivaient les divers groupes de Nummulites. D'une façon générale, nous avons l'impression que le milieu dans lequel vivaient les Nummulites n'était pas ou n'était que partiellement soumis à l'action des vagues. Par contre nous pensons que les Discocyclinidés vivaient eux à une profondeur moindre; en effet, il semble que ces derniers appréciaient davantage un milieu agité par les vagues. Quant aux Algues, non seulement leur vie dépendait d'une faible profondeur d'eau mais exigeait également des vents réguliers provenant du large.

Ainsi les assemblages de Nummulites et de Lithothamnium avec plus ou moins de Discocyclines ou ceux de Discocyclines avec plus ou moins de Nummulites et plus

ou moins de Lithothamnium des bancs de l'Eocène de Vérone peuvent être provisoirement qualifiés de « pseudo-biotopes », parce que l'accumulation de ces assemblages est partiellement due au processus de l'action des vagues.

Si l'on fait une comparaison avec les bancs à Nummulites des formations du Lutétien de Libye, on peut faire remarquer les différences suivantes: les bancs à Nummulites de Libye sont constitués presque exclusivement de *N. gizehensis* cimentées par une maigre matrice; les Lithothamnium sont rares ou absents; les Discocyclinidés ne sont pas importants et s'ils apparaissent c'est dans les irrégularités de la partie supérieure du banc ou sous forme d'une accumulation recouvrant le front du banc.

Les bancs du Véronais sont eux d'un type différencié. Cette différenciation provient de l'action des vents violents du large, qui étaient à l'origine de fortes vagues capables d'assurer le transport et l'accumulation des tests et des bioclastes. L'épaisseur des bancs ainsi formés est limitée; en effet, souvent ceux-ci ne dépassent que de peu leur unité correspondante à faciès d'arrière-banc. C'est là la conséquence de l'action plus ou moins grande des vagues qui transportaient et accumulaient les Nummulites, les Discocyclines, les Lithothamnium et les débris de leurs tests et de leurs branches en direction de la zone de l'arrière-banc.

Il nous semble enfin normal de discuter, pour terminer, les caractéristiques paléontologiques des Nummulites et des Discocyclines qui sont les facteurs responsables de l'amorce et de la croissance des bancs. Toutefois, nos investigations de détails sur ce point ne sont pas encore suffisamment avancées pour que nous puissions déjà en faire état ici. Néanmoins nous allons essayer de répondre à l'importante question suivante: quelles sont les principales espèces de Nummulites existant dans la faune des bancs de l'Eocène du Véronais? C'est en premier lieu tout particulièrement une forme très proche de *Nummulites gizehensis* (Forskal) et souvent même cette espèce. Tenant compte de la position des cloisons, telles qu'elles apparaissent en section équatoriale, nous avons attribué provisoirement de nombreux exemplaires à *N. aff. millecaput*. L'allure des cloisons de ces exemplaires, si l'on néglige leur position plus ou moins diagonale, n'est pas exactement celle bien connue de *N. millecaput* Boubée de l'Eocène alpin, mais rappelle plutôt l'une ou l'autre des huit « races » de *N. gizehensis* (Forskal) de la Harpe.

Nous pensons élaborer et publier une étude sur les Nummulites des bancs du Véronais et sur celles des niveaux de condensation. Le fait que ces derniers sont en général caractérisés par une faune plus ou moins mélangée et que cette faune comporte souvent de grandes Nummulites lenticulaires ou globulaires, fait ressortir la grande différence entre les conditions de vie du milieu de ces Nummulites et celles des Nummulites des bancs du bord de la plateforme. Les grandes Nummulites lenticulaires ou globulaires comme *N. cf. lorioli* de la Harpe, *N. aff. aturicus* Joly et Leym., *N. aff. brongniarti* d'Arch. et Haime, *N. perforatus* (Montfort), semblent ne pas être sen-

sibles aux changements de conditions du milieu et semblent même pouvoir s'adapter à des conditions de dépôts détritiques. Le fait que l'on puisse exceptionnellement également trouver ces formes accumulées dans un calcaire de banc soulève la question: les grandes Nummulites lenticulaires et globulaires auraient-elles la possibilité de s'adapter à des conditions de milieux variés? — Ainsi, durant la rédaction de ce travail nous avons eu la chance de recevoir un bon échantillon d'un calcaire blanc crème, provenant d'un affleurement lutétien de la région de Malatya (Turquie), calcaire tout à fait semblable à un calcaire de banc et composé à environ 90% de Nummulites parfaitement conservées et bien cimentées. Il ne s'agit dans ce cas à peu près exclusivement que de *Nummulites perforatus* (Montfort) sous leurs formes A et B, donc une forme globulaire. A ce propos, nous tenons à remercier très vivement notre collègue le Dr Süleyman Türkünal de l'Institut M.T.A. à Ankara et M. le Dr Zeki Dager de la section paléontologique du même Institut qui a bien voulu se charger de nous apporter cet échantillon.

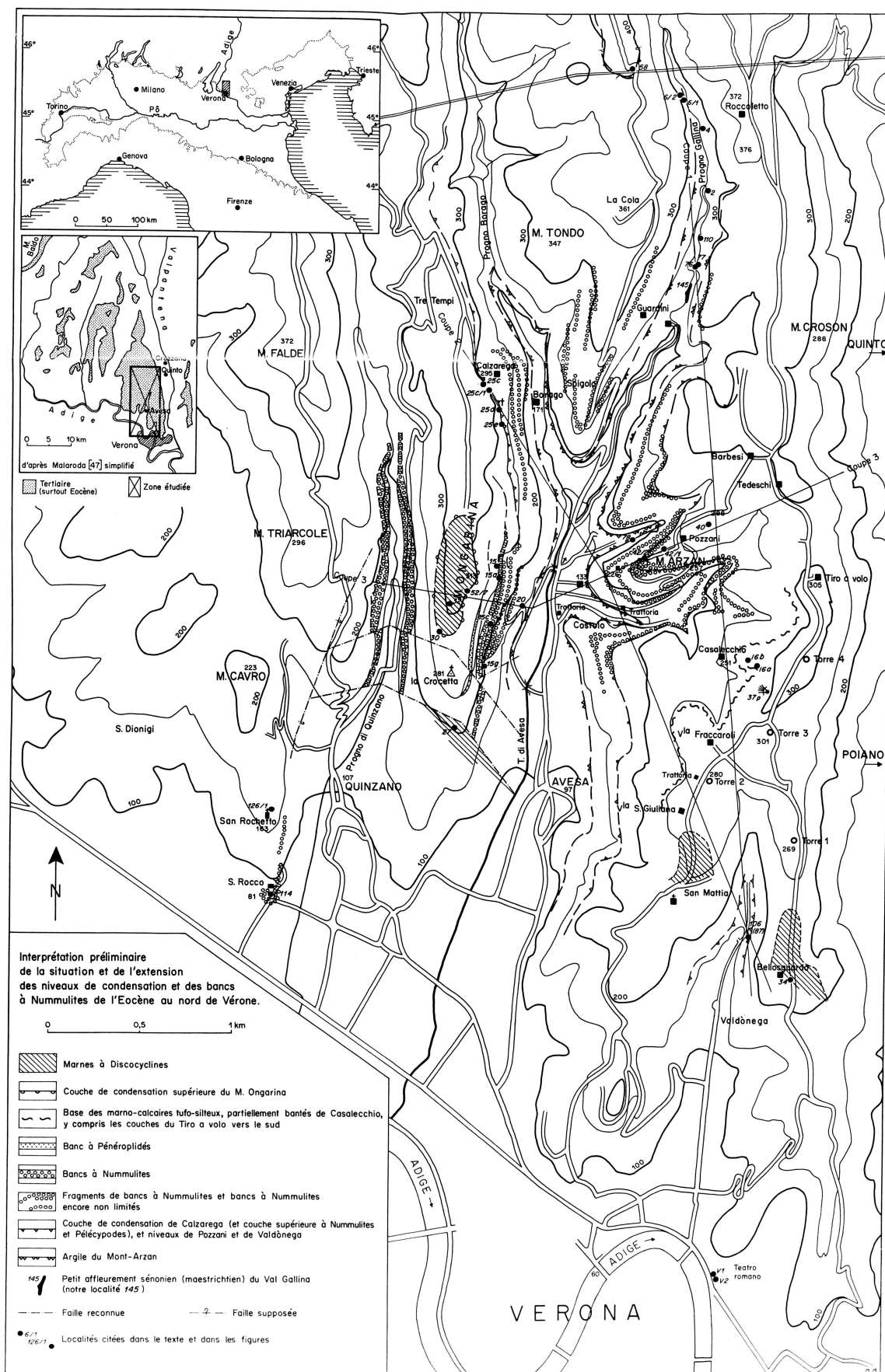
En conclusion, nous pensons qu'il serait essentiel d'étudier très soigneusement les conditions écologiques dans lesquelles les grandes Nummulites globulaires ont pu se développer. L'examen attentif de celles-ci pourrait nous fournir la clé de l'explication de la variabilité de formes des Nummulites.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARNI, P. (1939). Über die Nummuliten und die Gliederung des Untereocaens. *Ecl. geol. Helv.* 32: 113-159, Taf. V-IX, Bâle.
- [2] — (1965). L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux. Coll. intern. de Micropaléontologie, Dakar 1963, *BRGM, Mém.* 32: 7-20, Paris.
- [3] — (1967). A comprehensive graph of the essential diagnostics of the nummulites. *Micro-paleontology*, 13, 1: 41-54, 4 pl., New York.
- [4] — (et E. LANTERNO) (1970). Les Nummulites, un important groupe de macroforaminifères. *Musées de Genève*, n° 107 (juillet-août), Genève.
- [5] AZZAROLI, A. (1952). Macroforaminiferi della serie del Carcar (Eocene medio e superiore) in Somalia, etc. *Palaeontographica Italica*, XLVII (n. ser. XVII) anni 1950/51: 100-131, tav. I-XIV.
- [6] BARBIERI, G. e F. MEDIZZA (1969). Contributo alla conoscenza geologica della regione di Bolca. *Consiglio naz. Ricerche. Ia sez. Geol.*, Padova, pp. 1-36, 1 tav.
- [7] BECKMANN, J. P. (1958). Correlation of pelagic and reefal faunas from the Eocene and Paleocene of Cuba. *Ecl. geol. Helv.* 51: 416-422, 1 table, Bâle.
- [8] BLOT, Jacques (1969). Les poissons fossiles du Monte Bolca. Chapitre II: Géologie et genèse du gisement. *Mus. Civ. Stor. Nat. Verona. Mem. Fuori*, serie n° 2, pp. 17-38, 3 fig., 1 tabl.
- [9] BOLLI, H. M. e M. B. CITA (1960). Globigerine e Globorotalie del Paleocene di Paderno d'Adda (Italia). *Riv. Ital. Pal. Strat.* LXVI: 361-402, 3 tav., Milano.
- [10] — M. B. CITA e H. W. SCHAUB (1962). Il limite Cretaceo-Terziario nella catena del Monte Baldo. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, V. 3: 149-168, Pavia.
- [11] BOUSSAC, J. (1911). Etudes paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Carte géol. de la France*, 437 p., 22 pl.

- [12] CASTELLARIN, A. (1960). Sull' età delle volcaniti veronesi. *Giorn. Geol.*, Ser. 2^a, Vol. 27: 15-26, 2 tav., Bologna.
- [13] CITA, M. B. (1947). Sulla natura litologica di alcune rocce di età eocenica della regione di Gargano. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, LXVI, 31 p.
- [14] — (1948). Ricerche stratigrafiche e micropaleontologiche sul Cretaceo e sul Eocene di Tignale (Lago di Garda). *Riv. Ital. Pal. Strat.*, LIV, 2: 49-74; 3: 117-134; 4: 143-168, Milano.
- [15] — (1950). L'Eocene della sponda occidentale del Lago di Garda. *Riv. Ital. Pal. Strat.*, LVI: 81-105 e 129-152, 4 tav., Milano.
- [16] — (1951). La struttura geologica della sponda occidentale del Lago di Garda. *Boll. Serv. Geol. Italia*, LXXIII: 3-27, 3 tav., Roma.
- [17] — (1955). The Cretaceous-Tertiary Boundary in Italy. *Proc. IV World Petroleum Congr. Sect. ID*, paper 2: 427-452, Roma.
- [18] — (1968). Guide de l'excursion en Italie, Colloque sur l'Eocène, 18-26 mai 1968 (Comité français de Stratigraphie). Edité par l'Istituto di Paleont. Università Milano, 82 p.
- [19] — e H. M. BOLLI (1961). Nuovi dati sull'età paleocenica dello Spilecciano di Spilecco. *Riv. Ital. Pal. Strat.*, LXVII: 369-392, 2 tav., Milano.
- [20] — et G. PICCOLI (1964). Les stratotypes du Paléogène d'Italie. Colloque sur le Paléogène, Bordeaux 1962, 2: 653-684. *BRGM, Mém. 2.*, Paris.
- [21] CUVILLIER, J. (1930). Revision du Nummulitique Egyptien. *Mém. Institut d'Egypte*. T. 16, 369 p., pl. I-XXV. Le Caire.
- [22] FABIANI, R. (1915). Il Paleogene veneto. *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 3: 1-336, 9 tav., Padova.
- [23] — (1919). Guida geologica delle Colline di Verona. *Atti Acad. Agric., Sci. Lettere, Verona Ser. IV*, No. 21.
- [24] — (1922). Il Terziario nel Trentino. *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 6: 1-60, 1 tab.
- [25] FERASIN, F. e F. PROTO DECIMA (1953-54). Micropaleontologia dei terreni cretaceo-eocenici del Monte Ceva (Colli Euganei). *Mem. Acc. Patav. SS. LL. AA. Cl. Sc. Mat. Nat.*, 56: 1-18, Padova.
- [26] FISCHER, Jean-Claude (1972). La paléoécologie. *La Recherche*, n° 22 (avril 1972), 3: 335-343, 5 fig.
- [27] FLANDRIN, J. (1948). Contribution à l'étude du Nummulitique algérien. *Bull. Serv. Carte géol. de l'Algérie*, 2^e série, n° 17.
- [28] GOHRBANDT, K., K. KOLLMANN, H. KÜPPER, A. PAPP, S. FREY, H. WIESENEDER und G. WOLETZ (1960). Beobachtungen im Flysch von Triest. *Verh. Geol. Bundesanst.* pp. 162-196, Abb., Tab. V-VI, Taf. VII.
- [29] HAGN, H. (1955). Geologische und palaeontologische Untersuchungen im Tertiär des Monte Brione u. seiner Umgebung. *Palaeontographica*, Stuttgart, 107: 67-208, 11 Taf.
- [30] HARPE, Ph. DE LA (1880). Etude des Nummulites de la Suisse. *Mém. Soc. pal. suisse*, 7: 180 p., pl. I-VII.
- [31] — (1883a). Monographie der in Aegypten in der libyschen Wüste vorkommenden Nummuliten. *Palaeontographica*, Stuttgart, 30: 155-218, Taf. XXX-XXXV.
- [32] — (1883b). Etude des Nummulites de la Suisse. *Mém. Soc. pal. suisse*. X: 139-179, pl. III à VII.
- [33] HEIM, Arnold (1908). Die Nummuliten und Flyschbildungen der Schweizeralpen. *Abh. Schweiz. Pal. Ges.* XXXV, 4, 301 p., Taf. I-VIII.
- [34] — (1924). Über submarine Denudation und chemische Sedimente. *Geol. Rundschau*, XV: 1-47, 6 Textfig.
- [35] — (1934). Stratigraphische Kondensation. Autoreferat nach Vortrag, gehalten an der Jahresversammlung d. Schw. Nat. Ges. in Zürich Sept. 1934. *Ecl. geol. Helv.*, 27: 372-383, 2 Textfig.
- [36] HENDRIX, N. E. (1958). Foraminiferal Shellform, a key to sedimentary environment. *Jl. of Paleontol.* 32, No. 4.
- [37] HERB, K. und H. SCHAUB (1963). Zur Nummulitenfauna des Mitteleozäns von Sorde-Abbaye (Landes, France). *Ecl. geol. Helv.*, 56: 973-999, Taf. I-XII.

- [38] HOTTINGER, L. (1960). Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. *Mém. suisses de Pal.*, Vol. 75-76.
- [39] ——— (1973). Selected Paleogene Larger Foraminifera, in « Atlas of Palaeobiogeography », A. Hallam, University of Oxford. *Elsevier Sc. Publ. Co.*, pp. 443-452, fig. 1-6.
- [40] ——— R. LEHMANN et H. SCHAUB (1964). Données actuelles sur la biostratigraphie du Nummulitique méditerranéen. Colloque sur le Paléogène, Bordeaux 1962, *Mém. n° 2.*, BRGM, Paris 1964, pp. 611-652.
- [41] HSÜ, K. J. (1972). Origin of Saline Giants: A critical review after the discovery of the Mediterranean Evaporite. *Earth Sci. Rev.*, 8: 317-396, fig. 1-7.
- [42] KECSKEMÉTI, T. (1971). Appréciation de quelques espèces de Nummulites par rapport à leur valeur stratigraphique, avec la prise en considération des facteurs paléogéographiques. Coll. Strat. Eoc. 1969. *Ann. Inst. geol. Publ. Hung.*, LIV, 4, pars I.
- [43] LANTERNO, E. (1958a). Sur le Tertiaire inférieur sud-alpin entre le lac Majeur et Bergame. *Arch. Sc. Genève*, 11, 1: 123-130.
- [44] ——— (1958b). Contribution à la connaissance de l'Eocène des environs de Varèse, de Côme et de Bergame. *Arch. Sc. Genève*, 11, 2: 167-193.
- [45] LUTERBACHER, H. P. e I. PREMOLI SILVA (1964). Biostratigrafia del limite Cretaceo-Terziario nell'Appennino centrale. *Riv. Ital. Pal. Strat.* 70: 67-128, Tav. II-VII, 11 fig. n.t., Milano.
- [46] MALARODA, R. (1954). Il Luteziano di Monte Postale (Lessini medi). *Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova*, 19: 1-108, 14 tav., 7 fig. n.t.
- [47] ——— (1962). Gli « hard-grounds » al limite tra Cretaceo ed Eocene nei Lessini occidentali. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, III: 111-135, 6 tav., Pavia.
- [48] MARTY, Y., L. SAINT-JEAN et M. VEILLON (1964). Observations sur la fréquence et la forme des Nummulites dans les sédiments paléogènes nord-aquitains. *Proc.-Verb. Soc. Linnéenne de Bordeaux, CI*: 102-128.
- [49] MEDIZZA, F. (1965). Ricerche micropaleontologico-stratigrafiche sulle formazioni al limite tra Cretaceo e Terziario nell'alta Valle del Chiampo (Lessini orientali). *Cons. Naz. delle Ricerche*, pp. 3-41, Tav. I-III, 5 fig. n.t., Padova.
- [50] PASA, A. (1939). L'Eocene inferiore del Veronese occidentale. *Atti Soc. Ital. Sc. nat. Milano*, 78, III: 346-356.
- [51] PAVLOVEC, R. (1961). A contribution to the study of Eocene and Oligocene Nummulites in Yugoslavia (Engl. summary). *Acad. Scient. et Art. Slovenica, Classis IV, Hist. Nat. et Med. VI*: 369-416, 7 tab., 15 fig., 7 Pl., Ljubljana.
- [52] ——— (1963). Die stratigraphische Entwicklung des älteren Palaeogens im südwestlichen Teil Sloweniens (Deutscher Auszug). *Acad. Scient. et Art. Slovenica, Classis IV, Hist. Nat. et Med. VII*: 421-556, 55 Abb., 3 Tab., Ljubljana.
- [53] ——— (1969). Istrian Nummulites with special regard to Phylogenesis and Paleoecology (Engl. summary). *Acad. Scient. et Art. Slovenica, Classis IV: Hist. Nat. et Med. XII/4*: 155-206, 9 fig., 4 tabl., 13 pl., Ljubljana.
- [54] ——— (1969). Remarks on the Group Nummulites laevigatus s.l., with the description of the new species *N. hagni*. *Ann. Soc. géol. de Pologne. XXXIV*, 1-3: 251-263, 5 fig., pl. XLVII-L Cracovie.
- [55] PICCOLI, G. (1967). Studio geologico del Vulcanismo Paleogenico Veneto. Cons. Naz. Ric., 1^a Sez. Geologica, *Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova*, XXVI: 3-100, 16 figg. n.t., 5 tav.
- [56] PREMOLI SILVA, I. and H. P. LUTERBACHER (1966). The Cretaceous-Tertiary boundary in the Southern Alps (Italy). *Riv. Ital. Paleont. Milano*, 72, 4: 1183-1266, Tav. 91-99.
- [57] SANDER, N. J. (1962). Aperçu paléontologique et stratigraphique du Paléogène en Arabie Séoudite orientale. *Revue de Micropaléontologie*, 5, 1: 3-40, 8 fig., 5 pl.
- [58] SCHAUB, H. (1951). Stratigraphie und Paläontologie des Schlierenfylsches mit besonderer Berücksichtigung der paleocaenen und untereocaenen Nummuliten und Assilinen. *Schweiz. Paläont. Abh.*, 68: 1-217, 1 Tab., 9 Taf., Basel.
- [59] ——— (1962a). Contribution à la stratigraphie du Nummulitique du Véronais et du Vicentin. *Mem. Soc. Geol. Italiana*, III: 59-66, 1 tab., Pavia.



- [60] — (1962b). Über einige stratigraphisch wichtige Nummuliten-Arten. *Ecl. geol. Helv.* 55, 2: 529-551, 11 Textfig., Taf. I-VIII, Basel.
- [61] — (1966). Über die Grossforaminiferen im Untereocaen von Campo (Ober-Aragonien). *Ecl. geol. Helv.* 59, 1: 355-377, 9 Fig. in T., Taf. I-VI, Basel.
- [62] SEMENZA, Ed. (1969). Condizioni idrogeologiche della provincia di Verona. Atti uff. del 1° Convegno Nazionale di Studi sui Problemi della Geologia Applicata, 8 pp., 4 figg., Milano.
- [63] SORBINI, L. (1967). Contributo alla Sedimentologia della « Pesciara » di Bolca. *Mem. Mus. Civ. Stor. Nat.*, 15: 213-221, 1 fig., 7 tav., Verona.
- [64] VEILLON, M. (1964). Les zones de foraminifères du Paléogène Nord-Aquitain et leur valeur stratigraphique. Colloque sur le Paléogène, Bordeaux, Sept. 1962. *Mém. BRGM n° 28*: 227-241, 3 fig. (tabl.).
- [65] VILLA, F. A. (1956). Studi stratigrafici sul Terziario subalpino lombardo: Microfauna e microfacies del Nummulitico di Travedona (Varese). *Riv. ital. Pal. Strat.*, LXII, 2: 109-118, con 3 tav., Milano.
- [66] ZANCHE, Vittorio DE, R. PAVLOVEC and F. PROTO DECIMA (1967). Microfauna and microfacies of the Eocene Flysch Series near Ustje in the Vipava valley (Vipavska dolina, SW Slovenia) (English summary). *Acad. Scient. et Art. Sloven. Classis IV, Hist. Nat. et Med. X/5*: 207-263, 6 fig., 6 tabl., 17 pl., Ljubljana.
- [67] « I Giacimenti Gassiferi dell'Europa occidentale », Atti del Convegno di Milano (30 sett.-5 ott. 1957), Accademia Nazionale dei Lincei e Ente Nazionale Idrocarburi, Roma, 1959, 2 vol.

Cartes géologiques consultées

Carta Geologica d'Italia, 1: 1.000.000 (F. nord)
Servizio Geologico d'Italia

Carta Geologica d'Italia, 1: 100.000
foglio 48 Peschiero del Garda 1969
» 49 Verona 1968
» 50 Padova 1935
Servizio Geologico d'Italia

CONANT, L. C. and GOUDARZI, Gus, H. (1970). Geologic Map of Libya, 1: 2.000.000. Ministries of Industry and National Economy of the Government of Libya. Compiled and published by U.S.A. Departm. of Interior, Geol. Surv., Washington, D.C.-1970-G.69137 et Plate 2, in Professional Paper 660, Geology and Mineral Resources of Libya — a Reconnaissance.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier bien cordialement MM. Hermann Hölbling pour son aimable accueil à Vérone et Aldo Bellamoli, industriel à Stallavena pour son aide dans le transport de nos échantillons ainsi que M^{lle} Marthe Schneider, secrétaire scientifique, et M. Gérard Dajoz, dessinateur-photographe au Muséum, pour leurs très efficaces collaborations.