

Les «bancs à nummulites» de l'Éocène mésogéen et leurs implications

Autor(en): **Decrouez, Danielle / Lanterno, Edouard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **32 (1979)**

Heft 1-3

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-739896>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

LES « BANCS A NUMMULITES » DE L'ÉOCÈNE MÉSOGÉEN ET LEURS IMPLICATIONS

PAR

Danielle DECROUEZ¹ et Edouard LANTERNO²

A la mémoire de Paul ARNI

En 1963, au Colloque international de Micropaléontologie de Dakar, Paul ARNI proposait un modèle idéal de sédimentation de plateforme de l'Eocène inférieur et moyen de la Mésogée, dans une communication intitulée: « L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux ». Ce modèle idéal (fig. 1) comporte schématiquement:

- un « banc à Nummulites », semblable à un récif, se développant sur le bord externe de la plateforme et pouvant être remplacé par des faciès à Pénéroplidés (fig. 1: 1 et 10);
- une zone comprise entre les terres émergées et le « banc à Nummulites » qui joue le rôle de barrière (fig. 1: 2, 4, 5 et 6), cette zone se trouvant ainsi isolée de la mer ouverte, et ses faciès pouvant évoluer vers des dépôts de type lagunaire;
- une zone à l'avant du récif (fig. 1: 3, 7, 8 et 9) subissant l'influence de la mer ouverte.

Ce modèle idéal avait été inspiré à l'auteur à la suite d'observations effectuées pour la MOBIL OIL vers 1960, dans le bassin de Syrte en Libye. Malheureusement, diverses circonstances l'empêchèrent de poursuivre ses études dans cette région de plateforme aux « conditions idéales pour la formation de bancs à Nummulites » (ARNI, 1963). C'est alors qu'en collaboration avec E. LANTERNO, P. ARNI s'est

¹ Muséum d'histoire naturelle, département de Géologie et de Paléontologie des Invertébrés, 1, route de Malagnou, case postale 284, 1211 Genève 6, et Université de Genève, section des Sciences de la Terre, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4.

² Muséum d'histoire naturelle, département de Géologie et de Paléontologie des Invertébrés, 1, route de Malagnou, case postale 284, 1211 Genève 6.

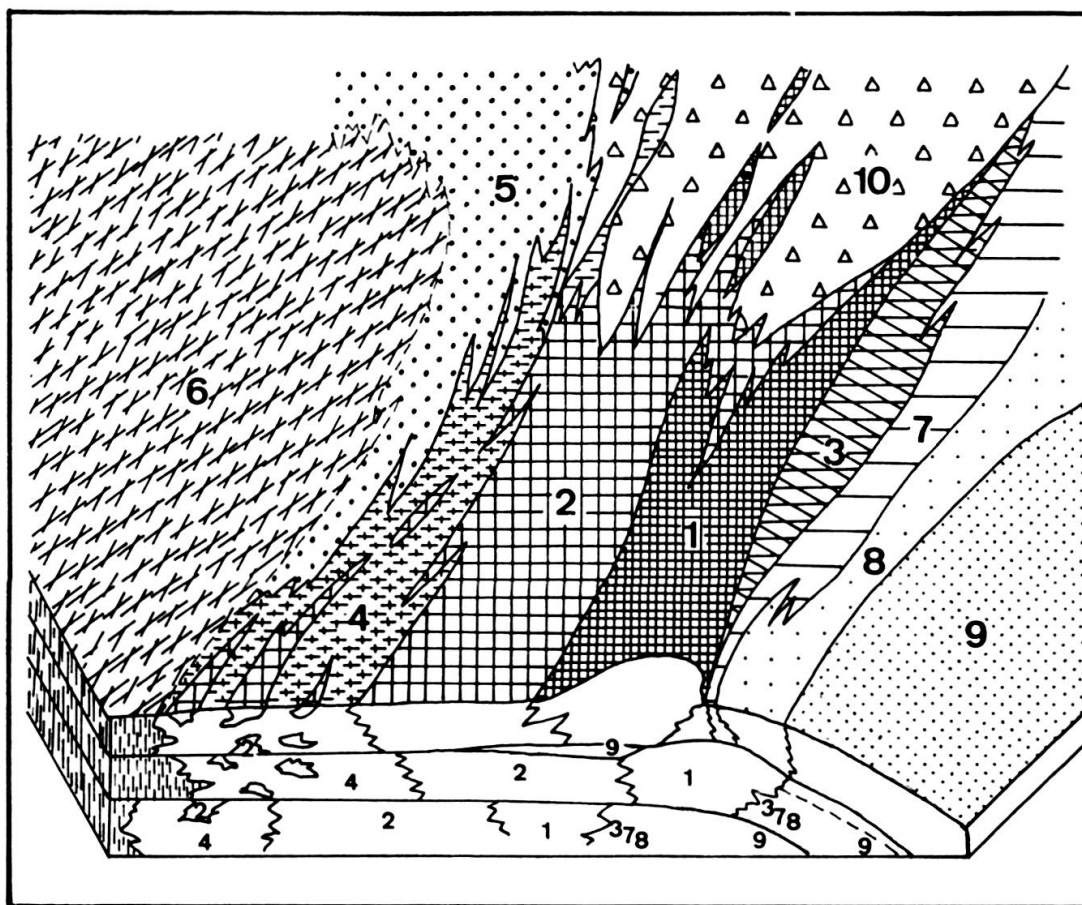


FIG. 1.— Diagramme idéalisé d'un banc à Nummulites et des faciès associés de P. ARNI (1963).

« 1. Banc à Nummulites, constitué d'une ou deux espèces de Nummulites dont l'une au moins atteint des dimensions remarquables, comme *N. gizehensis* s.l. ou *N. perforatus* s.l.

2. Faciès d'arrière-banc à riche contenu organogène de coquilles de Pélécy-podes, etc... et particulièrement de Nummulites. Les biotopes sont pour la plupart de composition complexe et varient selon leur éloignement du banc. Les formes suivantes sont dans l'ensemble les plus caractéristiques: Nummulites de taille moyenne à test robuste, comme *N. beaumonti*, *N. discorbinus*, *N. bullatus*, *N. burdigalensis*, *N. inkermanensis*, *N. rotularius*, etc. *Gypsina* et petits Foraminifères porcelanés, *Dictyoconoides*, *Linderina*, etc. sont aussi caractéristiques.

3. Faciès d'avant-banc irrégulièrement développé. Les fragments de coquilles sont des débris provenant du banc. Ce faciès en général et le secteur d'avant-banc, de l'Eocène inférieur en particulier, renfermant des Nummulites autochtones caractéristiques; ce sont des formes à coquille extrêmement mince, comme *Nummulites planulatus*, *N. spirectypus*, *N. bouillei*, etc. Dans certaines plate-formes à Nummulites (zone alpine par exemple) ce secteur est riche en *Assilina*.

4. Faciès de transition, conduisant latéralement aux faciès lagunaires. Cette zone de dimension variable, peut encore renfermer des lentilles de calcaire à Nummulites semblables au faciès du secteur 2. Le faciès normal, cependant, est un calcaire crayeux micro ou crypto-granulé, avec de nombreux Orbitolites et Alvéolines; souvent, c'est une roche à *Alveolina* caractéristique. Ce faciès à Alvéolines atteint par endroits une dimension remarquable.

5. Calcaire à Miliolidae.

6. Début du secteur à évaporites et dolomitisés. La dolomitisation peut pénétrer beaucoup plus loin dans le secteur d'arrière-banc que ne l'indique la figure; on a observé des cas où elle pénètre profondément dans le secteur 2.

7. Zone des marnes et marnes-calcaires à *Operculina* et à *Chordoperculinoides*.

8. Ceinture benthonique (para-pélagique), renfermant surtout des micro-Foraminifères benthoniques.
9. Secteur à Globigérines (= pélagique).
10. Calcaires à Peneroplidae du haut-fond « shoal ». »

Légende de la figure 2 de P. ARNI, 1963.

attaché à retrouver le même phénomène de « bancs à Nummulites » dans l'Eocène italien (ARNI et LANTERNO, 1972 et 1976), soit dans une région à « formation irrégulière de bancs à Nummulites » (ARNI, 1963). Effectivement, les auteurs observèrent dans cet Eocène les mêmes faits, montrant toutefois certaines différences avec ceux de la plateforme africaine: par exemple, plus grande importance de la microflore et extension limitée des bancs qui se présentent sous l'aspect de parties de collerettes d'atolls.

Cette recherche, interrompue par suite du décès de P. ARNI, vient d'être reprise par les auteurs de la présente note.

Nous devons tout d'abord signaler que P. ARNI, en 1963, concrétisait ce que d'autres géologues, et en particulier NEMKOV en 1962, avaient déjà pressenti¹. En effet, NEMKOV, dans son travail « Remarques sur la Paléoécologie des Nummulites » (1962) signale les faits suivants:

- les Nummulites sont à l'origine de puissantes assises calcaires dans le domaine alpin;
- les Nummulites sont des organismes sténohalins, sténothermes et sténobathes (50-60 m);
- la puissance des calcaires nummulitiques et la taille des Nummulites augmentent vers la zone équatoriale;
- les Nummulites appartiennent au benthos peu mobile;
- les Nummulites sont moins fréquentes dans les grès et les dépôts argileux que dans les calcaires.

Mais ce qui a particulièrement retenu notre attention, c'est le schéma donné par l'auteur et que nous reproduisons ci-dessous (fig. 2). Constatons que si l'auteur n'utilise pas de façon explicite le terme de « banc à Nummulites », il distingue comme dans le schéma de P. ARNI (1963) une zone où les Nummulites sont de grande taille et en accumulations massives de telle sorte qu'elles peuvent être constructrices de roches. Cette zone, relativement éloignée du rivage, est placée sur un anticlinal par NEMKOV, alors que P. ARNI la situe sur la bordure externe de la plateforme. Dans les autres zones, à l'avant et à l'arrière du « banc », les Nummulites sont plus petites,

¹ P. ARNI n'avait eu connaissance de la publication de NEMKOV (1962) qu'après ses travaux de 1963, 1972 et 1976. Il avait immédiatement eu l'intention de la rappeler dans une note en préparation peu avant son décès.

et si elles peuvent former des accumulations, elles ne sont jamais constructrices de roches. L'auteur conclut son article en insistant sur le rapport entre certaines espèces de Nummulites et des faciès déterminés.

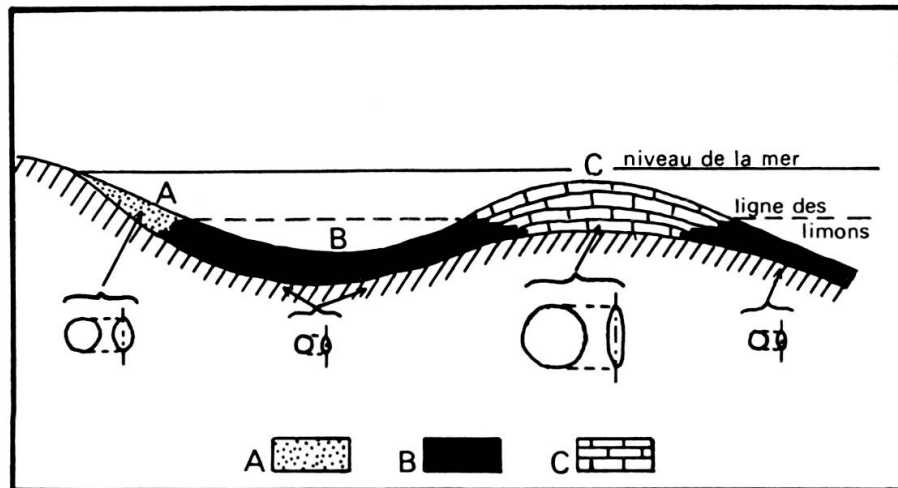


FIG. 2. — Distribution des Nummulites de dimensions diverses dans les sédiments de la zone néritique d'après NEMKOV (1962).

- A) dépôts sableux sublittoraux, à Nummulites convexes de dimensions moyennes;
- B) argiles des pseudoabysses à petites Nummulites minces;
- C) calcaires de la province des eaux peu profondes de mer ouverte, à grandes Nummulites discoïdales.

Les cercles indiquent les dimensions relatives des Nummulites, vues de face et de côté.
Légende de la figure de NEMKOV, 1962, traduction du B.R.G.M.

Ce travail de NEMKOV (1962), et l'examen de la littérature récente devaient nous confirmer l'importance du modèle de P. ARNI :

- au plan économique: les roches constituant le « banc à Nummulites » présentent une bonne porosité et peuvent donc être de bons réservoirs pour les hydrocarbures;
- au plan paléontologique: en particulier, les critères de détermination des Nummulites, sont à considérer sous un jour nouveau. En effet, nous pensons à ce propos que des critères écologiques doivent intervenir (biotope-banc, biotope-arrière-banc, etc...);
- au plan sédimentologique et paléogéographique: le modèle de P. ARNI doit permettre de mieux comprendre les variations de faciès dans un bassin déterminé. C'est ce dernier point que nous développerons dans ce travail.

A partir de données fournies par la littérature, nous avons essayé de montrer ce qu'il advient en appliquant le modèle de P. ARNI, de l'interprétation de l'histoire géologique d'une région, au cours de l'Eocène inférieur et moyen. Les deux exemples que nous avons choisi sont:

- A. la plateforme africaine;
- B. le domaine externe des Dinarides.

En conclusion, à la lumière des renseignements livrés par les travaux de nombreux auteurs, nous avons tenté d'apporter des précisions au modèle de P. ARNI.

A. UNE « PLATEFORME CONTINENTALE DE L'ÉOCÈNE AVEC CONDITIONS IDÉALES POUR LA FORMATION DE BANCS A NUMMULITES »: LA PLATEFORME AFRICAINE

En Mésogée, au cours de l'Eocène, la plateforme africaine est relativement stable, alors que d'autres régions qui constituent actuellement le système alpin sont affectées par des phases orogéniques ou subissent le contrecoup d'importantes phases orogéniques anté-éocènes. D'autre part, cette plateforme se trouvait au cours de l'Eocène en zone tropicale, la bordure nord de celle-ci (Tunisie, Libye, Egypte) étant recouverte par une mer épicontinentale (BIJU-DUVAL, DERCOURT et LE PICHON, 1976). Nous examinerons tout d'abord, pour les raisons indiquées ci-dessous, les faits observés en Libye puis nous discuterons la répartition des faciès à l'est en Egypte et à l'ouest en Tunisie.

1. LIBYE

Il faut rappeler que ce sont les travaux effectués par P. ARNI pour la MOBIL OIL qui ont conduit ce dernier à penser que le bassin de Syrte en Libye était à l'Eocène une plateforme continentale « avec conditions idéales pour la formation de bancs à Nummulites » (ARNI, 1963, p. 17). Le travail de BARR et WEEGAR (1972) confirme les idées de P. ARNI. L'Eocène de Libye affleure en effet relativement bien et de nombreuses recherches pétrolières ont apporté un grand nombre d'observations complémentaires. Le tableau de corrélation (fig. 3) des formations tertiaires de Libye septentrionale de BARR et WEEGAR (1972) montre au cours du Paléogène, du nord-ouest vers le nord-est, des variations de faciès qui rappellent le modèle de P. ARNI.

Ainsi au Lutétien (fig. 3), on trouve du nord-ouest vers le nord-est:

- la Formation de Gedari avec marnes, argiles, calcaires, dolomies, sables, craie, gypse correspondant aux faciès de transition, calcaire à Miliolidés et secteur à évaporites et dolomites de P. ARNI (fig. 1: 4, 5, 6);
- la Formation de Gialo, équivalent latéral de la Formation de Gedari avec calcilutites et calcarénites à Nummulites correspondant aux faciès du « complexe

| | | BASSIN DE SYRTE | | | | | | | | | | | | | NE LIBYE | | | |
|-----------|-----------|-------------------|--------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--|----------------|-----------------|
| | | NW LIBYE | | | | | | | | | | | | | | | JARDAS AL AB'D | NE JABAL AKHDAR |
| | | HON JABAL NEFTUSA | NW | HOFRA-DAHRA | SW | ORA | SAMAH | WAHA | DEFA | HARASH | SE | AUGILA | AMAL | NE | | | | |
| ÉOCÈNE | SUPÉRIEUR | | | | | | AUGILA | AUGILA | AUGILA | AUGILA | AUGILA | AUGILA | AUGILA | AUGILA | | | | |
| | BARTONIEN | | | | | | | | | | | | | | | | SLONTA | SLONTA |
| | LUTÉTIEN | | | | | | | | | | | | | | | | DERNA | DERNA |
| | MOYEN | GEDARI | GEDARI | GEDAPI | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | GIALO | | APOLLONIA | APOLLONIA |
| INFERIEUR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YPRESIEN | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | GIR | | | | |

FIG. 3. — Extrait du tableau de corrélation des formations tertiaires de Libye septentrionale d'après BAAR & WEEGAR (1972).

Les noms indiqués sont des noms de Formations excepté pour le groupe de Akhdar.

récifal »¹ de P. ARNI (fig. 1: 1, 2, 3). BARR et WEEGAR (1972) écrivent: « This formation is highly fossiliferous containing concentrations of several species of Nummulites, which in parts of the sequence make up a high percentage of the limestone ». La Formation de Gialo surmonte la Formation de Gir qui représenterait le secteur à évaporites et dolomites de P. ARNI (fig. 1: 6);

— le groupe de Akhdar, équivalent latéral de la Formation de Gialo comprenant successivement:

- la Formation d'Apollonia;
- la Formation de Derna;
- la Formation de Slonta.

La Formation d'Apollonia d'âge lutétien inférieur (pro parte) montre des calcaires finement lités à rares Nummulites, localement des Foraminifères planctoniques, et des silex surtout à la base, ce qui correspond au secteur à Globigérines de P. ARNI (fig. 1: 7, 8, 9). Cette Formation d'Apollonia passe progressivement et très vraisemblablement latéralement à la Formation de Derna (KLEINSMIEDE et VAN DEN BERG, 1968).

La Formation de Derna, d'âge lutétien supérieur, consiste en un calcaire massif à Nummulites soit à notre avis un faciès du « complexe récifal » de P. ARNI.

La Formation de Slonta d'âge lutétien supérieur sommital (pro parte) montre des calcarénites à Nummulites fréquentes, localement des calcaires coralligènes algaires correspondant vraisemblablement aussi aux faciès du « complexe récifal » de P. ARNI (fig. 1: 1, 2, 3).

¹ Nous appelons « complexe récifal », le domaine correspondant aux faciès de banc, d'arrière-banc et d'avant-banc de P. ARNI (1963).

Donc, schématiquement, du nord-ouest vers le nord-est en Libye, on retrouve le modèle de P. ARNI aussi bien verticalement que latéralement (fig. 4). Ce schéma (fig. 4) est naturellement très simplifié. Il ne représente en réalité qu'un état momentané, les variations de faciès latérales et verticales devant être fréquentes car les mouvements verticaux qui affectaient ces régions au cours de l'Eocène modifiaient plus ou moins localement la disposition des faciès.

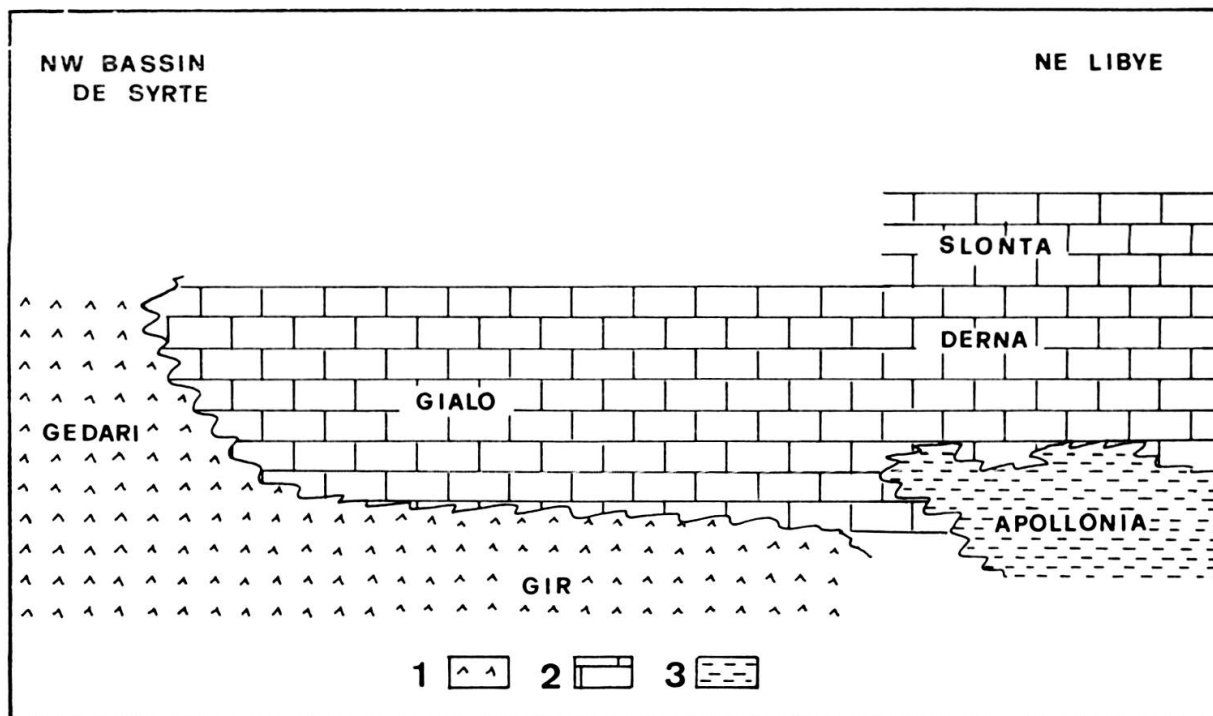


FIG. 4. — Schéma interprétatif d'un état momentané au cours du Lutétien en Libye.

1. Faciès du domaine évaporitique.
2. Faciès du « complexe récifal ».
3. Faciès de mer ouverte.

2. EGYPTE

A l'est de la Libye, en Egypte, les formations d'âge paléocène à éocène affleurent largement. Après les grès de Nubie attribués au Crétacé, ce sont en effet les terrains les mieux représentés. D'une manière générale, de l'Eocène inférieur à l'Eocène supérieur, on distingue :

- la Formation de Thèbes représentée par des calcaires à silex, affleurant largement dans le sud de l'Egypte et le Sinaï. Les Calcaires de Farafra, calcaires à Alvéolinidés, sont classiquement considérés comme l'équivalent latéral de la Formation de Thèbes (SAID et Kerdany, 1961 — SAID, 1962). AWAD et SAID

(1963) envisagent l'hypothèse d'en faire plutôt un équivalent latéral de la Formation de Minia;

- la Formation de Minia comporte des calcaires blancs, parfois remplacés par des marnes et des argiles;
- la Formation de Mokattam montre des calcaires nummulitiques massifs parfois marneux;
- la Formation de Maadi enfin est faite d'un calcaire gréseux brun.

Schématiquement, la Formation de Thèbes appartient à l'Eocène inférieur, la Formation de Minia et la Formation de Mokattam (et les calcaires de Farafra ?) à l'Eocène moyen (Lutétien), la Formation de Maadi à l'Eocène supérieur.

Ces Formations sont inégalement réparties. Après la grande transgression marine du nord vers le sud, qui débute au Cénomaniens et se poursuit jusqu'à l'Eocène inférieur, la régression s'amorce dès l'Eocène moyen (l'Eocène inférieur étant présent jusqu'à la latitude 23° 30' nord, l'Eocène moyen ne descendant pas au-dessous de la latitude 27° 10' nord). Puis s'instaure une sédimentation de plus en plus détritique. Un certain nombre de remarques, relevées dans la littérature, nous permettent de penser que le modèle proposé par P. ARNI (1963), avec quelques petites modifications toutefois, peut s'appliquer à ces régions au cours de l'Eocène. En effet:

- au Lutétien, ces régions se trouvent dans la zone tropicale et sont recouvertes par une faible profondeur d'eau (BIJU-DUVAL, DERCOURT et LE PICHON, 1976), donc dans une zone favorable à la prolifération des Nummulites à grand test et au développement des récifs;
- en certains endroits, il a été observé des roches constituées uniquement de *Nummulites gizehensis*. Pour ne citer qu'un exemple, SAID (1963) écrit à propos de la Formation de Mokattam à Béni-Hassan: « This fossil » (*N. gizehensis*) « becomes so abundant that its forms conspicuous biostroms of great extent »;
- les roches à *Nummulites gizehensis* sont des calcaires blancs presque purs. En effet, GIRGIS et HINDY (1970) signalent des % de CaCO₃ qui atteignent des taux de 97 à 99% dans différentes localités d'Egypte (Samalut, El Moqattam, Giza pyramides, Gebel El Raha, Ras El Gifa). Ce type de calcaire évoque une sédimentation particulière, notamment à l'abri de tout apport détritique. Le modèle de P. ARNI donne une explication satisfaisante: ce sont des roches qui constituent certainement des « bancs à Nummulites ». Notons en outre que GIRGIS et HINDY ont observé que toute modification des conditions de sédimentation (dépôts de marnes ou d'argiles par exemple) entraîne la disparition de ces accumulations de grandes Nummulites.

Localement, nous avons tenté d'interpréter selon le modèle de P. ARNI, la coupe de Gebel Giouchy à Ain Sirra décrite par CUVILLIER (1930). Ainsi, nous consi-

dérons que la succession verticale observée actuellement était horizontale au Lutétien: en effet, par le jeu de transgressions et régressions générales ou locales, les zones de sédimentation se sont déplacées. Nous proposons l'interprétation suivante:

- les calcaires salifères représentent le domaine évaporitique,
- les couches à Gastéropodes représentent les faciès de transition ou le domaine laguno-littoral,
- le banc à *Nummulites gizehensis* est le « banc à Nummulites » de P. ARNI.

Cette coupe ne présente pas les faciès d'avant-banc et de bassins, car par suite d'une régression on retrouve les calcaires du domaine évaporitique.

Les informations trop éparées, ou parfois insuffisamment détaillées, ne nous permettent pas d'appliquer ce modèle à l'ensemble des formations éocènes de l'Égypte.

Les récents travaux de SALEM (1976) dans le nord de ce pays apportent une confirmation de nos idées. Au cours de l'Eocène, l'auteur constate des variations de faciès verticales et horizontales. Son interprétation est la suivante: au cours de l'Eocène, les régions qui constituent actuellement l'Égypte septentrionale, sont subdivisées en plateformes, talus et bassins, des îlots émergeant au sein des plateformes (SAID, 1976). En outre, l'auteur ajoute: « Scattered throughout are small reefs and terrigenous units embedded in this body much like nuts and raisins in a cake. At the outer or seaward margin, this suite of sediments should attain its maximum thickness and may include thick reefal buildups ». Malheureusement, l'auteur ne précise pas le type des formations récifales que pour notre part nous soupçonnons être des « bancs à Nummulites ».

En conclusion, à l'Eocène (inférieur et surtout moyen), la plateforme épicontinentale présentait dans ces régions une paléogéographie de détail avec de petites plateformes, des talus et des bassins (fig. 5). Sur les petites plateformes, émergeaient des îles plus ou moins importantes, et les bassins étaient en communication avec la Mésogée. Quand les conditions étaient favorables, le développement des « bancs à Nummulites » s'amorçait et conditionnait alors la répartition des sédiments. Mais de fréquents mouvements verticaux et la régression générale vers le Nord qui en résultait, perturbaient la sédimentation et provoquaient des changements de faciès. La construction du « banc à Nummulites » était alors interrompue et dans certains cas, on peut penser qu'il y a eu érosion de ce qui avait été construit auparavant. D'autre part, les îles pouvaient fournir du matériel clastique dont les courants d'amenée creusaient des brèches dans les « bancs à Nummulites » ou même empêchaient leur formation. Ces îles, par des apports d'eau douce, pouvaient aussi provoquer une réduction de la salinité à l'arrière du récif d'où parfois l'absence de dépôts évaporitiques. Les hypothèses émises ci-dessus demanderaient toutefois à être vérifiées par des observations complémentaires précises sur le terrain.

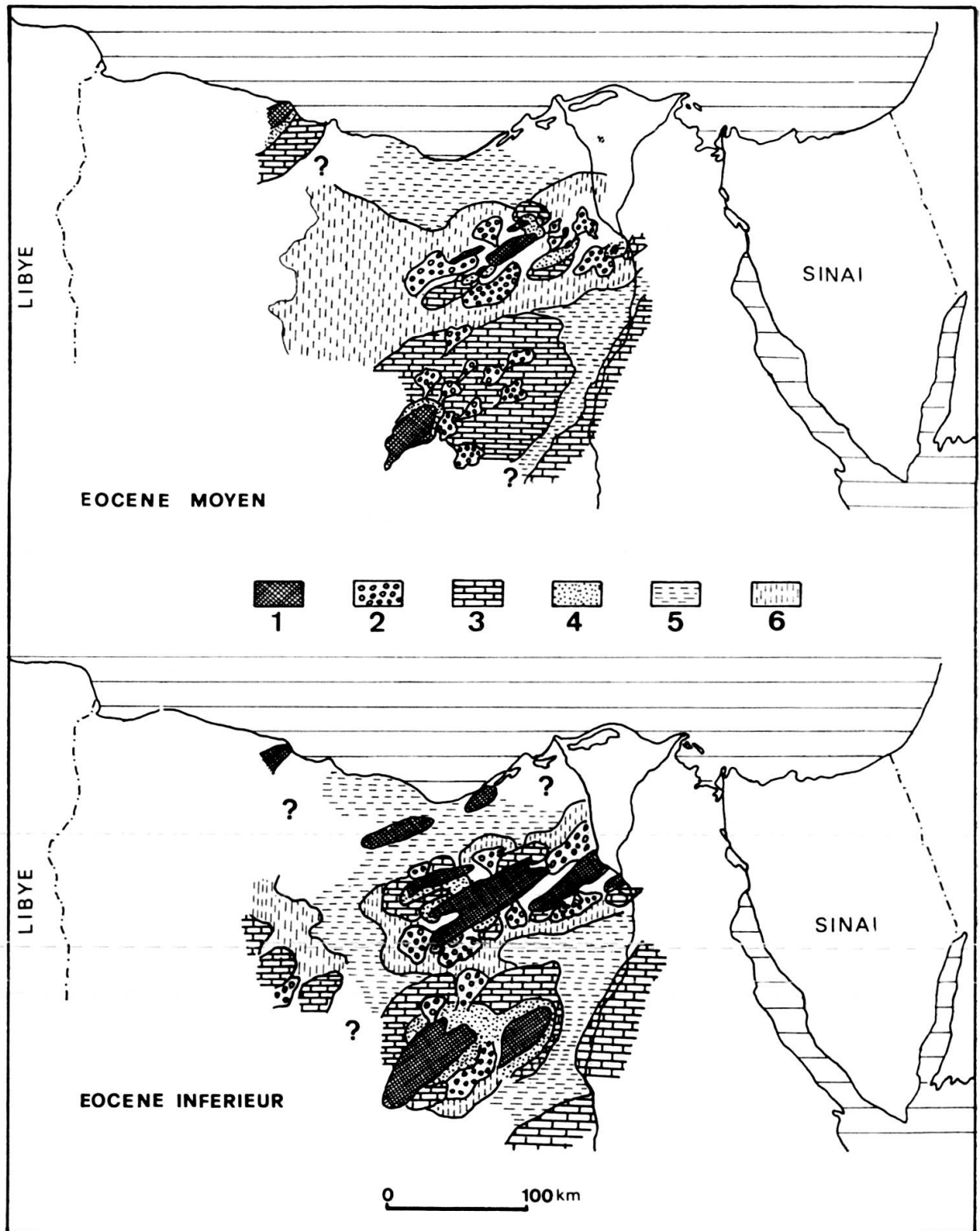


FIG. 5. — Reconstitution paléogéographique du Nord de l'Égypte à l'Eocène inférieur et moyen d'après SALEM (1976).

1. Terres émergées.
2. Zones à apports terrigènes.
3. Carbonates de plateforme, « shell-bank », « patch-reef », silex, parfois matériel détritique.
4. Dépôts de la zone des marées.
5. Craie pélagique avec fossiles remaniés, silex et matériel de plateforme.
6. Marnes de plateforme et de bassin.

3. TUNISIE

A l'ouest de la Libye, la Tunisie méridionale appartient encore à la plateforme africaine alors que la Tunisie septentrionale se rattache aux chaînes de type alpin.

Du sud vers le nord (BUROLLET, 1976, BUROLLET et al., 1975), on distingue:

- le Sahara, où les dépôts les plus récents sont d'âge crétacé;
- les bassins périatlasiques sur lesquels se déposeront des sédiments paléogènes. C'est à ces bassins qui présentent un type de sédimentation semblable à celui du bassin de Syrte en Libye que nous nous intéresserons particulièrement;
- l'île de Kasserine où l'on ne connaît pas de sédiments paléogènes;
- l'axe nord-sud où la sédimentation est très irrégulière;
- le sillon tunisien ou Atlas central tunisien qui sera recouvert par des sédiments marins pendant le Jurassique, le Crétacé, le Paléocène et l'Eocène, ces sédiments témoignant d'une mer de plus en plus profonde en allant vers le nord. Pour l'instant, nous n'envisagerons pas le cas de cette partie de la Tunisie, car elle a été fortement tectonisée.

Les bassins périatlasiques seraient comme le bassin de Syrte en Libye, un lieu de prédilection pour le développement des « bancs à Nummulites ». En 1951, puis en 1961, CASTANY reconnaît du nord au sud de la Tunisie au sein de la Formation qu'il appelle Calcaire Eocène: des faciès à Globigérines, des faciès à Nummulites, des calcaires coquilliers ou à Gastéropodes, et des faciès lagunaires à gypse, l'auteur ajoutant: « Cette formation s'est déposée sur un vaste plateau continental avec une sédimentation très diverse qui se traduit par des variations de faciès aussi importantes que rapides, déterminées beaucoup plus par des modifications biologiques du milieu marin que par des variations notables de profondeur ». BUROLLET (1956, 1967) appelle ce Calcaire Eocène (Paléocène — Lutétien inférieur): Formation calcaire de Metlaoui¹ et y reconnaît trois faciès (fig. 6). De là, il n'y avait qu'un pas à faire pour appliquer le modèle de P. ARNI, avec toutefois quelques modifications. C'est en effet ce que firent COMTE et LEHMANN (1974) en donnant le « schéma interprétatif d'un état momentané durant la deuxième moitié de l'Yprésien en Tunisie centrale » (fig. 7). Il faut insister sur le terme « état momentané » utilisé par les auteurs. En effet, de nombreux mouvements verticaux ont affecté ce domaine au cours de l'Eocène et ont apporté de nombreuses modifications de répartition des faciès plus ou moins importantes aussi bien verticalement que latéralement. FOURNIE (1975) s'inspire aussi du modèle de P. ARNI et écrit notamment: « Ce comportement des assises à Nummulites, conduit souvent à penser que de telles assises formaient, au

¹ La notion de Calcaire de Metlaoui est actuellement modifiée de telle sorte que les changements latéraux de faciès puissent être pris en considération, FOURNIE, 1978.

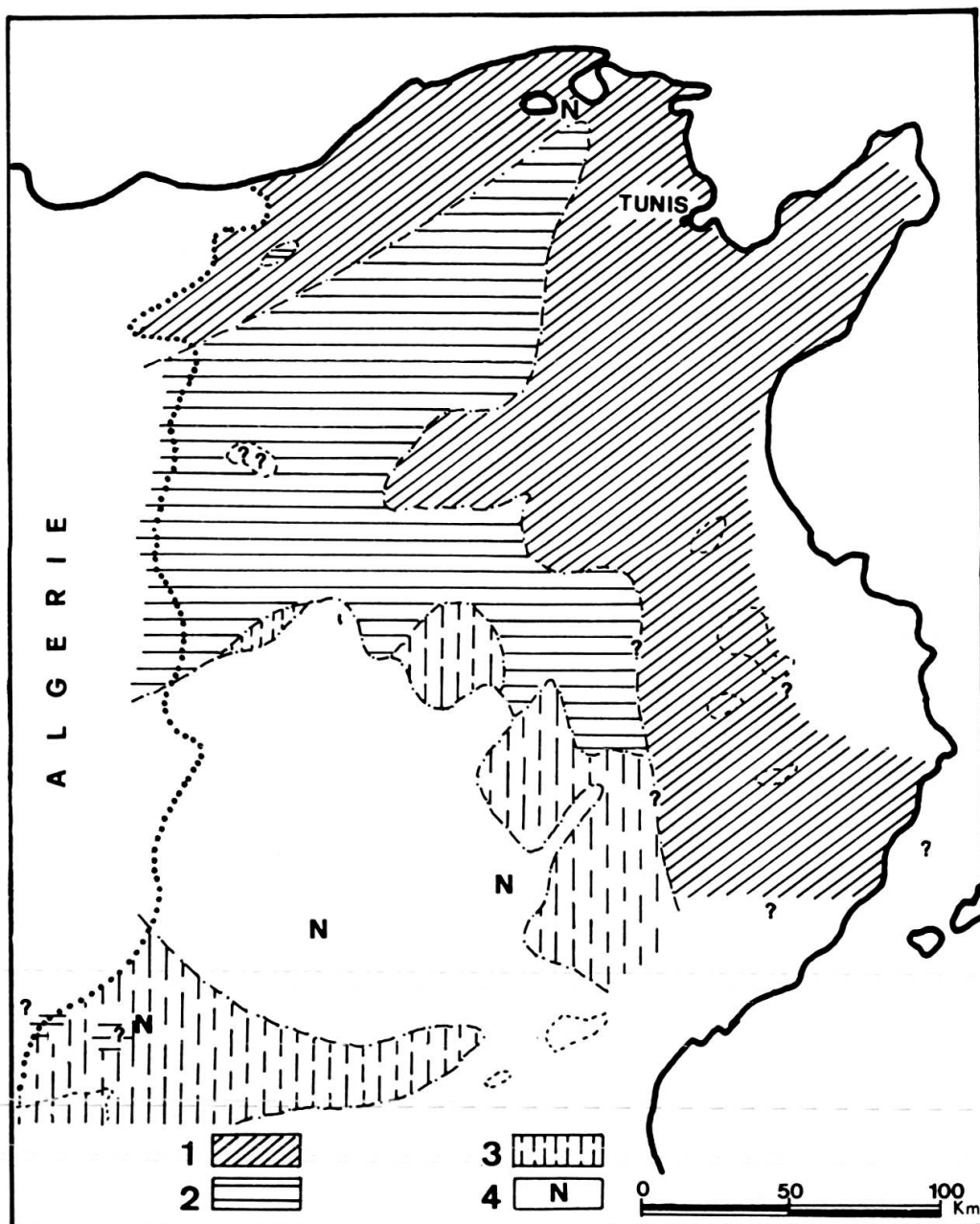


FIG. 6. — Distribution des faciès au cours de l'Eocène inférieur et du Lutétien inférieur en Tunisie d'après BUROLLET (1967).

1. Faciès à Globigérines.
2. Faciès à Nummulites.
3. Faciès à débris fossilifères.
4. Blocs à Nummulites.

moment de leur dépôt, de véritables cordons à Nummulites dont les propriétés hydrodynamiques étaient probablement très voisines de celles constatées dans les cordons oolithiques récents ou actuels de plateforme externe observés par exemple en Floride et aux Bahamas » et un peu plus loin dans le texte: « L'existence

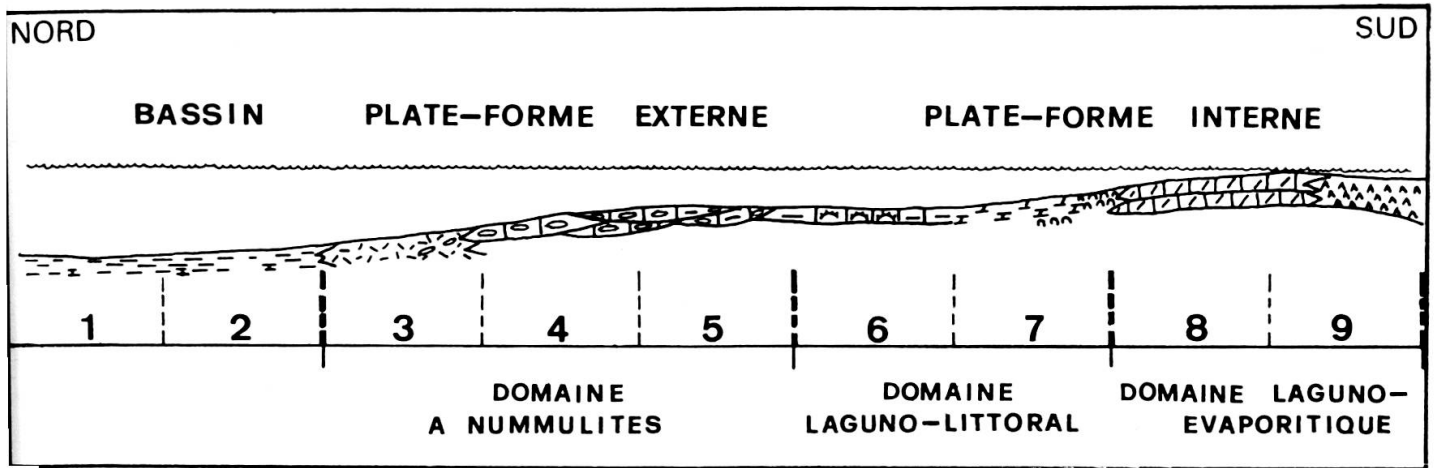


FIG. 7. — Extrait du schéma interprétatif d'un état momentané durant la deuxième moitié de l'Yprésien en Tunisie centrale d'après COMTE & LEHMANN (1974).

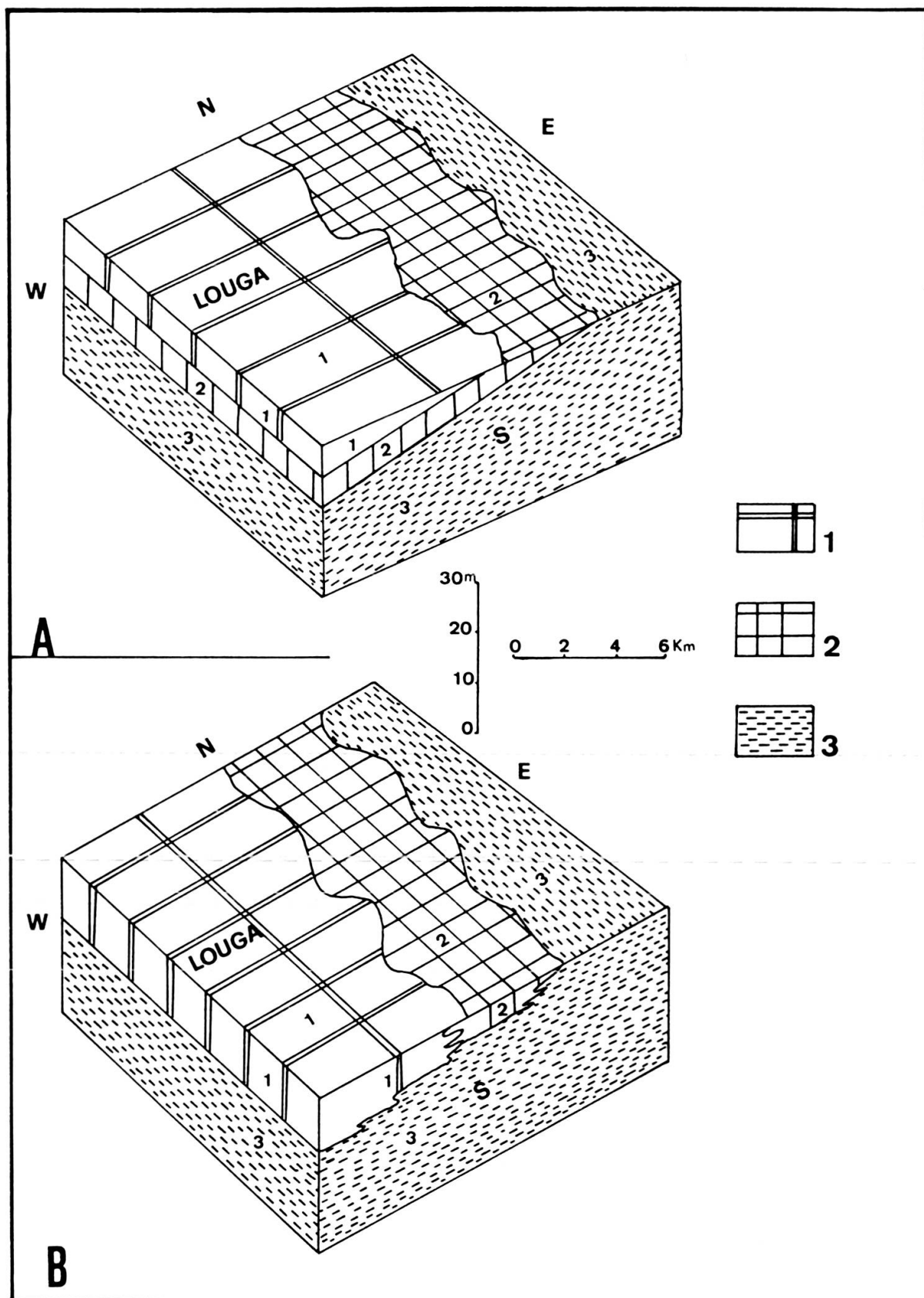
1. Faciès argileux.
2. Faciès marneux.
3. Faciès à « Nummulitoclastes ».
4. Complexe à Nummulites.
5. Ensemble micritique à Nummulites.
6. Faciès de mer intérieure.
7. Faciès bioclastique et lagunaire.
8. Faciès de transition.
9. Faciès évaporitique.

même des cordons à Nummulites,, introduit de profondes modifications dans la répartition des faciès adjacents ».

Il apparaît donc qu'il existe en Tunisie, à l'Eocène inférieur et moyen, des phénomènes analogues à ceux qui se produisent au même moment en Egypte et en Libye.

4. ALGÉRIE, MAROC

Dans ce travail, nous n'envisagerons pas le cas des Maghrébides où les structures sont complexes. Toutefois, des indications relevées dans la littérature nous permettent de penser que là encore, le modèle de P. ARNI peut trouver des exemples d'application. Certes, ceux-ci seront moins spectaculaires que dans les régions relativement calmes et plus méridionales qu'étaient à l'Eocène le bassin de Syrte, l'Egypte et la Tunisie centrale actuels. Pour ne citer qu'un exemple, nous mentionnerons le travail de KIEKEN (1974-75) sur la géologie du Hodna, du Titteri et des Biban: l'auteur constate, malgré la complexité de la structure due à l'empilement des écaïlles, une évolution générale vers des dépôts de mer plus profonde du sud vers le nord.



5. AUTRES RÉGIONS D'AFRIQUE: SÉNÉGAL ET MADAGASCAR

a — *Sénégal*

Le travail de MONTEILLET (1967) sur le Lutétien de la région de Louga a retenu notre attention. L'auteur a en effet tenté d'expliquer les variations de faciès constatées au Lutétien au moyen de deux hypothèses dont l'une s'appuie sur le modèle de P. ARNI. La figure 8 qui reproduit les deux interprétations de l'auteur n'appelle qu'un seul commentaire: importance de l'hypothèse de P. ARNI du point de vue de la reconstitution paléogéographique d'une région et du point de vue de la valeur stratigraphique des Foraminifères benthoniques.

b — *Madagascar*

Des recherches seraient également à effectuer à Madagascar. BESAIRIE et COLLIGNON (1960) citent: « Le sondage a montré une très rapide variation latérale de l'Eocène qui, en quelques kilomètres, passe des calcaires massifs du plateau aux marnes du sondage ». C'est encore là la preuve d'un modèle de sédimentation comparable à celui proposé par P. ARNI.

6. CONCLUSIONS

Le modèle établi par P. ARNI s'applique très bien à la bordure nord de la plateforme africaine. Du sud vers le nord, on trouve des faciès de mer de plus en plus ouverte, un ou des cordons de « bancs à Nummulites » séparant les faciès de mer ouverte des faciès à tendance lagunaire. Cette image paléogéographique est valable à grande échelle. Dans le détail, ces régions devaient présenter une allure analogue à celle du modèle dessiné par SALEM (1976) pour l'Égypte septentrionale (fig. 5). Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est naturellement pas possible de préciser les zones émergées. Il est vraisemblable que c'est en Libye que les « bancs à Nummulites » ont pu le mieux se développer, cette région étant la plus éloignée des zones instables qui constitueront ultérieurement les Maghrébides et les Dinarides-Taurides.

FIG. 8. — Signification des zones à Nummulites du Lutétien de la région de Louga (Sénégal) d'après MONTEILLET (1967, pl. 10).

- | | |
|--|---|
| 1. Zone à <i>Nummulites heeri</i> | A — Toit du Lutétien supérieur. B — Arrière-banc. |
| 2. Zone à <i>Nummulites gizehensis</i> | A — Mur du Lutétien supérieur. B — Banc sensu stricto. |
| 3. Faciès marneux | A — Lutétien inférieur. B — Avant-banc. |

MONTEILLET (1967, p. 43):

« A — 1^{re} hypothèse (zone anticlinale érodée): les deux zones de Nummulites ont une valeur stratigraphique. Il s'agit de niveaux différents à l'intérieur du Lutétien supérieur.

B — 2^e hypothèse (haut-fond anticlinal et variation de faciès): ces deux zones ont pu coexister. Elles rendent compte de la présence simultanée de deux biotopes différents et juxtaposés. Elles ont une signification paléogéographique ».

Cette deuxième hypothèse est inspirée de P. ARNI.

B. — UNE « PLATEFORME CONTINENTALE DE L'ÉOCÈNE
A FORMATION IRRÉGULIÈRE DE BANCS A NUMMULITES » :
LE DOMAINE EXTERNE DES DINARIDES

A l'Eocène, l'histoire géologique des Dinarides se poursuit :

- à l'est, les zones internes sont à nouveau tectonisées, et des sédiments de type arrière-fosse molassique s'y déposent ;
- à l'ouest, le domaine externe est envahi progressivement d'est en ouest par un flysch dont la patrie d'alimentation se situe dans les zones internes émergées.

Ainsi, au cours de l'Eocène inférieur et moyen, les seules zones qui connaissent encore une sédimentation calcaire sont :

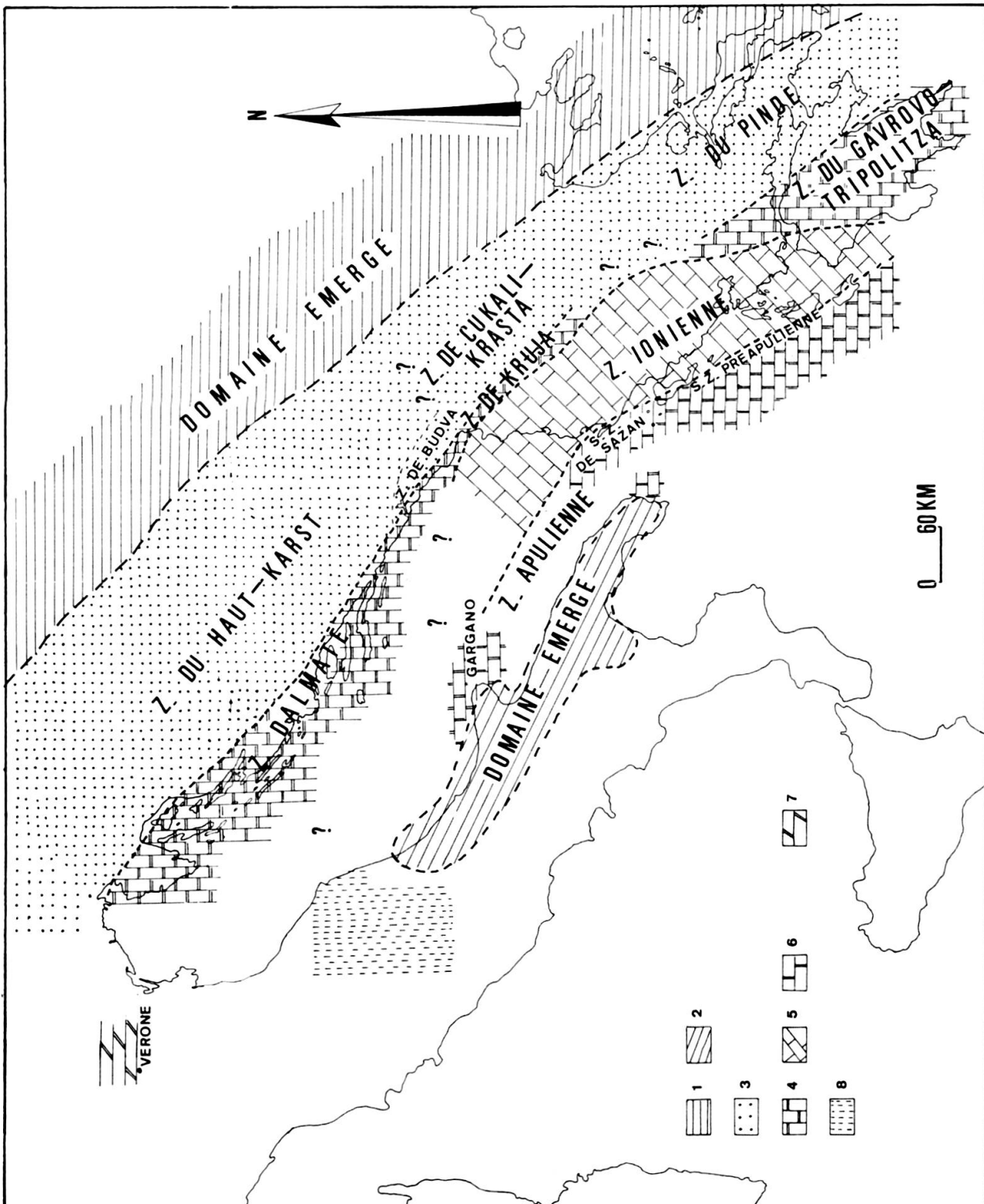
1. La zone du Haut-Karst, pro parte, en Yougoslavie. Cette zone s'ennoie paléogéographiquement vers le sud.
2. La zone dalmate en Yougoslavie dont les équivalents paléogéographiques en Albanie et en Grèce sont respectivement la zone de Kruja et la zone de Gavrovo-Tripolitza.
3. La zone ionienne en Grèce et en Albanie. Cette zone s'ennoie (paléogéographiquement ?) dans la mer Adriatique au large de la côte yougoslave.
4. La sous-zone préapulienne en Grèce, appelée sous-zone de Sazan en Albanie, et la zone apulienne disparaissent sous l'Adriatique au niveau de la Yougoslavie.

Nous nous sommes plus particulièrement attachés à ce domaine externe des Dinarides pour la raison suivante : en 1976, ARNI et LANTERNO ont écrit à propos de la Dalmatie (zone dalmate et zone du Haut-Karst) : « D'autre part, nous avons essayé d'interpréter, en nous appuyant sur l'article tout récent de J. CHOROWICZ (CHO-

FIG. 9. — Répartition des faciès au cours du Lutétien dans les Dinarides externes.

1. Domaine émergé des Dinarides internes.
2. Domaine émergé à l'arrière de la ride d'Apulie dans l'Apennin.
3. Zones où se dépose le flysch.
4. Faciès très variés : calcaires à Nummulites, calcaires à Alvéolines, calcaires typiques d'un milieu confiné, calcaires de mer ouverte, bauxite, lignite, charbon, lacune de sédimentation.
5. Calcaires essentiellement microbréchiques.
6. Avant-pays intermédiaire. Variété de faciès comparable à 4.
7. Calcaires néritiques de la région de Vérone (cf. ARNI & LANTERNO, 1972).
8. Scaglia.

Les largeurs des différentes zones isopiques et leurs situations exactes par rapport à leur emplacement actuel, ne sont pas respectées.



ROWICZ, 1975) et sur des échantillons du Muséum de Genève, certains affleurements proches de Split dans lesquels nous croyons avoir pu déceler des signes évidents d'existence de bancs récifaux à Nummulites. Cela nous a amené à admettre la présence de tels bancs dans le cadre d'une ceinture reliant le promontoire de Gargano à la région de Split ».

Rappelons à ce propos que la presqu'île du Gargano se rattache à la ride d'Apulie, avant-pays intermédiaire entre l'Apennin et les Dinarides, dont la marge orientale appelée ride préapulienne affleure dans quelques îles grecques de la mer Ionienne.

D'autre part, on peut envisager qu'au niveau de la Yougoslavie, la zone ionienne s'étant ennoyée paléogéographiquement, la ride d'Apulie et la zone dalmate ne constituent plus qu'une seule zone. Nous avons représenté sur la figure 9 la répartition des faciès au Lutétien. Avant de donner une image de la paléogéographie à cette époque, nous mentionnerons quelques faits signalés dans la littérature, faits qui nous permettent de penser que là aussi les « bancs à Nummulites » de P. ARNI ont eu une importance dans la répartition des faciès :

a — Zones dalmate et du Haut-Karst en Yougoslavie

En Istrie, BIGNOT (1972) constate l'existence de différents types de faciès, et il confirme en outre ce que des auteurs anciens avaient déjà remarqué : une ségrégation entre calcaires à Nummulites et calcaires à Imperforés. Le modèle de P. ARNI étant satisfaisant pour expliquer la répartition des différents faciès, BIGNOT (1972) s'en inspire et l'applique à l'Istrie (fig. 10). Dans son récent travail sur les « Alvéolines paléogènes de la Slovénie et de l'Istrie », DROBNE (1977) donne quelques répartitions de faciès dans les zones où les coupes ont été levées. On constate alors qu'invariablement les calcaires à Miliolidés se trouvent à l'arrière (vers le sud) des calcaires à Alvéolines et Nummulites, alors qu'à l'avant (vers le nord) on trouve les marnes et le flysch. Donc, là aussi les faciès du « complexe récifal » (fig. 1 : 1, 2, 3 — calcaires à Alvéolines et Nummulites) séparent les faciès de mer ouverte (fig. 1:9 — marnes et flysch) des faciès laguno-littoraux (fig. 1:5 — calcaires à Miliolidés).

Au sud de Split, un fait signalé par BLANCHET (1974) en Bosnie a retenu toute notre attention : dans la région de Split, au sein du flysch d'Omis et de Split, ressortent des blocs de « calcaires subrécifaux à Nummulites » ... « avec en particulier *Nummulites millecaput* var. *maximus* (forme A et B) dont le diamètre atteint 8 cm ». L'auteur interprète ces blocs comme des olistholites de calcaires construits emballés dans le flysch et pouvant provenir d'un secteur dalmate plus interne soumis à des mouvements à la fin du Lutétien. Nous pensons donc que ces olistholites proviennent de la destruction de « bancs à Nummulites ».

CADET (1976) note à propos d'une coupe levée dans le Haut-Karst : « Les calcaires à Alvéolines passent progressivement à des calcaires biodétritiques, également en gros bancs où les Nummulites prédominent ». On retrouve donc là encore une ségrégation entre calcaires à Imperforés et calcaires à Nummulites.

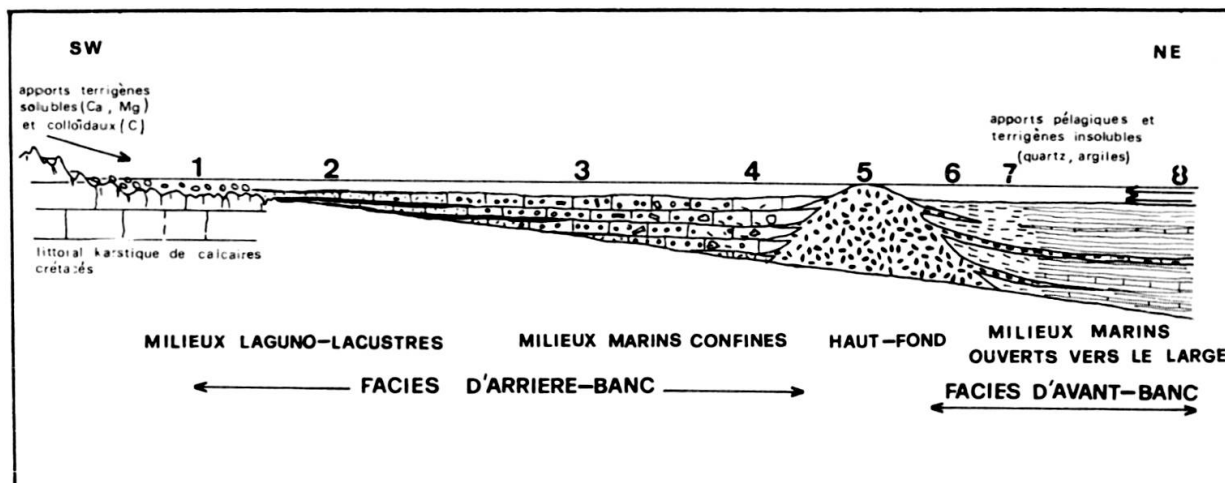


FIG. 10. — La barrière à Nummulites et la répartition des faciès en Istrie (Yougoslavie) à l'Yprésien et au Lutétien (inspiré d'ARNI, 1965) d'après BIGNOT (1972).

- « 1. Faciès calcaires laguno-lacustres à Charophytes, Discorbidés, Gastéropodes et charbon.
 2. Faciès calcaires laguno-marins à *Spirolina*, Miliolidés et passées charbonneuses.
 3. Faciès calcaires à Foraminifères porcelanés: *Orbitolites* et Alvéolines.
 4. Faciès calcaires biodétritiques à Mollusques et Foraminifères variés.
 5. Faciès calcaires du bioherme à *Nummulites*.
 6. Faciès calcaréo-argileux à Foraminifères à test plat: *Nummulites*, *Assilina*, Operculines et Orthophragmines.
 7. Faciès marneux et glauconieux à *Operculina* et Orthophragmines.
 8. Faciès argileux à Foraminifères planctoniques et bancs calcaires biodétritiques à grands Foraminifères déplacés (= flysch). »

Légende de la figure de BIGNOT, 1972.

b — Zone de Gavrovo-Tripolitza

DE WEVER (1975) note: « comme l'a remarqué FLEURY J. J. (communication personnelle, 1973), le contenu faunistique de l'Eocène tripolitzaïque n'est pas constant. Tantôt très riches en Nummulites et Alvéolines, ces niveaux peuvent être dépourvus de ces fossiles qui sont remplacés par d'abondants Pénéroplidés, ils n'en restent pas moins du même âge. ». Ces variations de faciès peuvent s'expliquer beaucoup mieux avec le modèle de P. ARNI que par des variations de profondeur.

c — Zone ionienne en Grèce

Des traces de talus d'accumulation ont été observées (IFP et IGRS, 1966). Il est permis de penser que ces talus correspondent à la bordure externe d'une plateforme.

d — Sous-zone préapulienne et zone apulienne en Grèce

HORSTMANN (1967) dans son étude sur l'île de Zante présente un certain nombre de coupes. On constate là encore des variations de faciès avec des faciès de mer ouverte, des faciès laguno-littoraux, des faciès du « complexe récifal ».

Notre interprétation, pour le Lutétien, est la suivante: entre le domaine interne des Dinarides émergé, et un domaine également émergé à l'arrière de la ride d'Apulie, il y a une vaste plateforme épicontinentale (BIJU-DUVAL, DERCOURT et LE PICHON, 1976). Cette plateforme épicontinentale présente une paléogéographie de détail complexe:

- Les zones immédiatement à l'ouest du secteur émergé des Dinarides, patrie du matériel détritique: zones du Pinde, de Krasta-Cukali et bosniaque, sont alimentées uniformément en flysch, quelle que soit leur paléogéographie de détail, étant donné la proximité de la zone d'alimentation. La zone du Haut-Karst est déjà envahie par le flysch au Lutétien sauf en quelques points (CHARVET, 1978);
- les autres zones sont le siège d'une alimentation carbonatée littorale. Sur un plan général, on distingue une vaste plateforme séparée par un golfe important mais peu profond: la zone ionienne, vraisemblablement uniquement vers le sud, en une branche orientale (Zones dalmate, de Kruja et de Gavrovo-Tripolitza) et en une branche occidentale (Zone apulienne avec les sous-zones de Sazan et préapulienne). Dans le détail, ce domaine de plateforme est subdivisé en de nombreuses petites plateformes, avec éventuellement des îles ou îlots, des talus et des bassins ou golfes en liaison avec le golfe ionien en particulier ou la Mésogée (ce qui explique la présence de faciès de type ionien au sein des zones dalmate et apulienne). D'autre part, la zone ionienne présentait également une paléogéographie complexe dans le détail avec peut-être même des points émergés.

Nous avons ainsi une image paléogéographique assez semblable à celle de la plateforme africaine avec toutefois des différences dues à de nombreux mouvements, probablement encore uniquement verticaux. Ces derniers, contre-coup des importantes phases orogéniques ayant conduit à l'émersion du domaine interne et/ou annonçant les phases orogéniques qui achèveront la formation des Dinarides, ont entraîné de fréquentes variations dans la paléogéographie de détail.

Cette paléogéographie explique en partie les variations de faciès, mais il faut aussi tenir compte à notre avis de l'apparition de « bancs à Nummulites » sur les bords externes de la plateforme (zone ionienne orientale et occidentale) et des petites plateformes (discrimination évidente entre calcaires à Alvéolines, calcaires à Nummulites, calcaires à Pénéroplidés, faciès à Foraminifères planctoniques non loin de zones où ils sont totalement absents etc...). Malheureusement, par suite de nombreux mouvements tectoniques, la plupart du temps la formation de ces « bancs à Nummulites » sera interrompue et même les roches déjà formées, détruites. Les formations salifères semblent totalement absentes, ce qui encore s'explique par la fréquence de ces mouvements tectoniques. En effet, la période d'existence des « bancs à Nummulites » étant trop brève, la salinité ne pouvait augmenter considérablement à l'arrière vers les domaines émergés, qui fournissaient d'autre part du matériel détritique res-

possible du creusement par des brèches dans les « bancs » ou même de l'interruption de leur formation; les eaux douces transportant ce matériel détritique contribuent également à réduire la salinité. La ride d'Apulie, avant-pays beaucoup plus stable, pouvait par contre connaître le développement de « bancs à Nummulites » beaucoup plus importants mais qui se trouvent actuellement ennoyés sous la mer Adriatique.

Un problème se pose à l'Eocène inférieur: la zone du Haut-Karst est le siège d'une sédimentation carbonatée, alors que le sillon de Budva et le sillon bosniaque qui la jouxtent respectivement à l'ouest et à l'est reçoivent du matériel de type flysch. On a alors envisagé pour le sillon de Budva une alimentation longitudinale (CADET, 1976): les figures de courant les plus fréquentes étant sud-est-nord-ouest mais avec également des figures est-ouest. L'existence d'une paléogéographie complexe, comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, avec plateformes, éventuellement îles, talus, bassins ou golfes en liaison avec l'est en particulier, pourrait être une explication.

Signalons que certains auteurs ont déjà suggéré une telle paléogéographie de détail (BLANCHET, 1974, CADET, 1976, par exemple).

Remarques

Nous aurions pu choisir d'autres exemples dans le domaine alpin. Ainsi, SZÖRS (1956), dans les Carpathes (Bakony) donne des coupes qui rappellent le schéma de P. ARNI. Une coupe à l'ouest du Bakony dans le Londinien et le Lutétien (fig. 11) montre:

- le domaine laguno-littoral: argile bigarrée, argile saumâtre à Mollusques, argile ligniteuse, calcaire et marne à Miliolines et Mollusques (fig. 1: 4, 5, 6);
- les faciès du « complexe récifal »: calcaire à Nummulites et Alvéolines, calcaire à Orthophragmines et Nummulites, calcaire à Nummulites, Miliolines et Alvéolines, calcaire à Nummulites (fig. 1: 1, 2, 3).

Les faciès de mer ouverte sont absents, soit à cause de l'érosion, soit à cause d'une régression.

En outre, nous avons relevé dans le travail sur l'Eocène du Haut-Bakony (Carpathes) de KOPEK, DUDICH et KECSKEMETI (1969) la conclusion suivante: « D'un point de vue paléogéographique, on peut concevoir un archipel à petites îles, baies, bassins restreints etc., ce qui explique fort bien la variabilité extrême des litho- et biofaciès ».

Dans les Taurides, MONOD (1977) distingue des calcaires à Nummulites, des calcaires à Alvéolines et des calcaires à Miliolidés. Selon des renseignements oraux de nos collègues Halil SARP et Benoît DUCRET, des faciès type « bancs à Nummulites » sont présents dans les Taurides.

D'autre part, en Arabie séoudite, le modèle de P. ARNI permettrait par exemple d'expliquer « l'interruption intermittente de la connection directe avec la haute mer

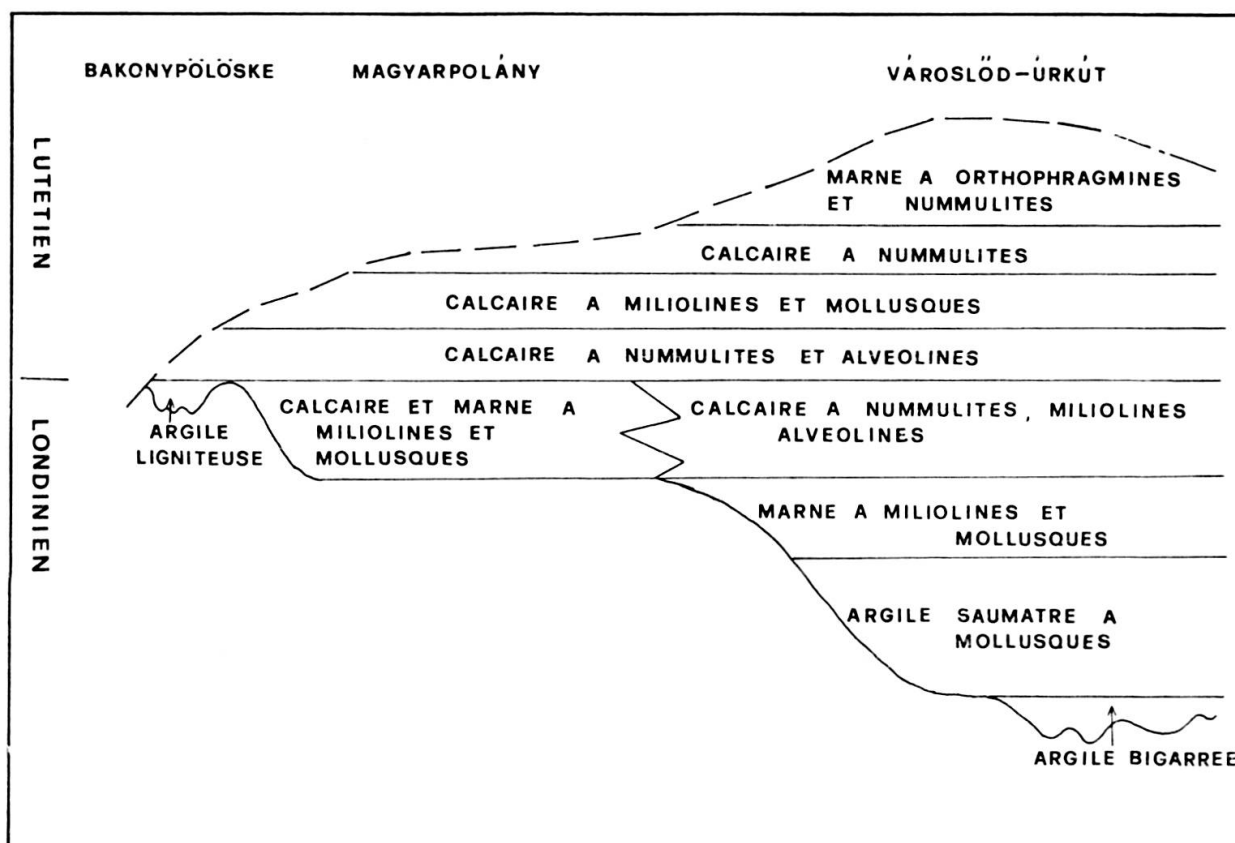


FIG. 11. — Coupe à l'Ouest du Bakony (Carpathes) d'après Szöts (1956).

pendant le dépôt de la formation de Rus » (formations évaporatiques) (SANDER, 1962). En Iraq, enfin, d'après les travaux de VAN BELLEN (1956) sur lesquels P. ARNI s'est en partie appuyé pour établir son modèle, on retrouverait les « bancs à Nummulites » et les variations de faciès qui en découlent.

C. CONCLUSIONS

Certaines espèces de Nummulites (en particulier *N. millecaput*, *N. gizehensis*, *N. perforatus*) ont donc joué au cours de l'Eocène (Lutétien) le rôle d'organismes constructeurs de récifs (ARNI, 1963, ARNI et LANTERNO, 1972 et 1976, HECKEL, 1974). C'est un fait accepté par de nombreux géologues (NEMKOV, 1962, BIGNOT, 1972, BLONDEAU, 1972, COMTE et LEHMANN, 1974, ROGER, 1974, FOURNIE, 1975 et HOTTINGER, 1969 lors de son intervention au Colloque sur la stratigraphie de l'Eocène de Budapest) et qui doit être pris en considération étant donné les conséquences qui en découlent du point de vue sédimentologique, paléogéographique, paléontologique et économique.

En conclusion, nous apporterons quelques informations complémentaires au modèle de P. ARNI:

1. — « Banc à Nummulites »

Le « banc à Nummulites » ou bioherme est constitué par un calcaire extrêmement pur ayant une bonne porosité. Aux Nummulites peuvent s'adjoindre notamment dans les zones instables, des Algues rouges et des Discocyclines. La présence de ces derniers organismes, vraisemblablement liée à l'action des vagues (ARNI et LANTERNO, 1972), indique une profondeur d'eau d'environ 30 m alors que l'existence des seules Nummulites témoignerait d'une profondeur d'eau plus importante (60-80 m ?).

2. — Faciès d'avant-banc

On y retrouve les organismes du « banc » qui est souvent détruit, tout au moins en partie. Les Nummulites autochtones sont minces et à spire élevée. Les Discocyclines sont fréquentes.

3. — Faciès d'arrière-banc

C'est probablement le faciès le plus riche en espèces de Foraminifères. Les Nummulites autochtones sont moyennes et petites, à test renflé et à paroi épaisse.

4. — Domaine laguno-évaporitique

Les formations évaporitiques et dolomitiques peuvent faire place à des formations de lignite, charbon etc., en particulier dans les zones instables.

Des études détaillées, en cours, devraient nous permettre de préciser les définitions des biotope-banc, biotope-arrière-banc, biotope-avant-banc, etc.

OUVRAGES CONSULTÉS

- ARNI, P. (1963). L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux. *Coll. intern. Micropal.*, Dakar, *Mém. B.R.G.M.*, N° 32 (1965), pp. 7-20, Paris.
- (1970). Les Nummulites. Un important groupe de Macroforaminifères. *Revue « Musées de Genève »*, N° 107.
- ARNI, P. et E. LANTERNO (1972). Considérations paléoécologiques et interprétation des calcaires de l'Eocène du Véronais. *Arch. Sc. Genève*, 25, 2, pp. 251-283.
- ARNI, P. et E. LANTERNO (1976). Observations paléoécologiques dans l'Eocène du Gargano (Italie méridionale). *Arch. Sc. Genève*, 29, 3, pp. 287-314.
- AUBOUIN, J. (1959). Contribution à l'étude géologique de la Grèce septentrionale: les confins de l'Épire et de la Thessalie. *Ann. géol. pays hell.*, X, 483 p.
- (1960). Essai sur l'ensemble italo-dinarique et ses rapports avec l'arc alpin. *B.S.G.F.*, 7, II, pp. 487-526.
- (1963). Essai sur la paléogéographie post-triasique et l'évolution secondaire et tertiaire du versant sud des Alpes orientales (Alpes méridionales; Lombardie et Vénétie, Italie; Slovénie occidentale, Yougoslavie). *B.S.G.F.*, 7, V, pp. 730-766.

- AUBOUIN, J. (1964). Esquisse paléogéographique et structurale des chaînes alpines de la Méditerranée moyenne. *Geol. Rundschau*, 53, 2, pp. 480-534.
- (1973). Des tectoniques superposées et de leur signification par rapport aux modèles géophysiques: l'exemple des Dinarides; paléotectonique, tectonique; tarditectonique, néotectonique. *B.S.G.F.*, 7, XV, 5-6, pp. 426-460.
- AUBOUIN, J. et J. DERCOURT (1962). Zone préapulienne, zone ionienne et zone du Gavrovo en Péloponnèse occidentale. *B.S.G.F.*, 7, IV, pp. 785-794.
- AUBOUIN, J. et M. NEUMANN (1960). Sur la géologie de l'Istrie méridionale; comparaison avec les régions dinariques et helléniques correspondantes. *B.S.G.F.*, 7, II, pp. 388-395.
- AUBOUIN, J., R. BLANCHET, J. P. CADET, P. CELET, J. CHARVET, J. CHOROWICZ, M. COUSIN et J.P. RAMPNOUX (1970). Essai sur la géologie des Dinarides. *B.S.G.F.*, 7, XII, pp. 1060-1095.
- AZZAROLI, A. et M. B. CITA (1967). *Geologia stratigrafica*, vol. III, Milan.
- AWAD, G. H. et R. SAID (1963). *Lexique stratigraphique international*, Egypt, vol. IV, Afrique, fasc. 4b.
- BARR, F. T. et A. A. WEEGAR (1972). Stratigraphic nomenclature of the Sirte Basin Libya. *The Petrol. Expl. Soc. Libya*, Tripoli.
- BECKMANN, H. (1952). Kann man *Nummulites gizehensis* als Klimazeugen verwenden? *Paleont. Z.*, 26, 1/2, pp. 10-14.
- BESAIRIE, H. et M. COLLIGNON (1956). *Lexique stratigraphique international*, Madagascar, vol. IV, Afrique, fasc. 11.
- BESAIRIE, H. et M. COLLIGNON (1960). *Lexique stratigraphique international*, Madagascar, vol. IV, Afrique, fasc. 11 (Supplément).
- BIEDA, F. (1963). Larger Foraminifers of the Trata Eocene. *Inst. Geol. Prace*, Warszawa, XXXVII.
- BIGNOT, G. (1972). Recherches stratigraphiques sur les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène d'Istrie et des régions voisines. Essai de révision du Liburnien. *Trav. Lab. Micropal.*, Paris, N° 2, 353 p.
- BIGNOT, G. et J. CHOROWICZ (1975). Une nouvelle interprétation paléogéographique de l'Istrie et des îles du Kvarner. *C. R. Somm. S.G.F.*, pp. 106-108.
- BIJU-DUVAL, B., J. DERCOURT et X. LE PICHON (1976). From the Tethys Ocean to the Mediterranean Seas: a plate tectonic model of the evolution of the western alpine system. *Symp. Intern.*, Split, Octobre 1976, pp. 143-164.
- BLANCHET, R. (1974). De l'Adriatique au bassin panonien. Essai d'un modèle de chaîne alpine. *Mém. S.G.F.*, N. S., 53, 120.
- BLONDEAU, A. (1970). Les Nummulites de l'Afrique. *IV^e Coll. Afric. Micropal.*, Abidjan 1970, pp. 54-71.
- (1972). Les Nummulites. *Ed. Vuibert*, Paris, 255 p.
- B. P. (British Petroleum) (1971). The geological results of Petroleum exploration in western Greece. *Inst. Geol. and Subsurf. Research*, Athènes, N° 10.
- BRUNN, J. H., J. F. DUMONT, P. Ch. DE GRACIANSKY, M. GUTNIC, T. JUTEAU, J. MARCOUX, O. MONOD et A. POISSON (1971). Outline of the geology of the western Taurids, Campbell A. S. *Geol. & Hist. of Turkey*, *Thirteenth ann. field conf.*, *Petr. Expl. Soc. Libya*, pp. 225-255.
- BRUNN, J. H., B. CLEMENT et J. DERCOURT (1977). Histoire des recherches géologiques dans les Hellénides. *IV^e Coll. Geol. Aegean Region*, Athènes, 1977.
- BUROLLET, P. F. (1956). Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale. *Ann. Min. & Geol.*, N° 18, Tunis.
- (1967). General geology of Tunisia. Guide book to the geology and history of Tunisia, *Ninth ann. field conf.*, *Petr. Expl. Soc. Libya*, pp. 51-58.
- (1967). Tertiary geology of Tunisia. Guide book to the geology and history of Tunisia, *Ninth ann. field conf.*, *Petr. Expl. Soc. Libya*, pp. 215-225.
- BUROLLET, P. F. and « Names and nomenclature Committee » de la Petr. Expl. Soc. Libya (1960). *Lexique stratigraphique international*, Libye, Afrique, vol. IV, fasc. IVa.
- BUROLLET, P. F., A. JAUZEIN, J. P. PERTHUISOT et V. PERTHUISOT (1975). Géologie et sédimentologie de la Tunisie. *9^e Congr. Intern. Sédim., Excursion*, Nice, vol. 15, pp. 1-170.

- CADET, J. P. (1976). Contribution à l'étude géologique des Dinarides: les confins de la Bosnie-Herzégovine et du Montenegro. Essai sur l'évolution alpine d'une paléomarge continentale. *Thèse*, Univ. Orléans.
- CAROZZI, A.V., M. V. REYES et V. P. OCAMPO (1976). Microfacies and microfossils of the Miocene reef carbonates of the Philippines. *Philippines Oil Dev. Comp.*, Spec. Publ. 1.
- CASTANY, G. (1961). Lexique stratigraphique international, Tunisie, Afrique, vol. IV, fasc. 1c.
- CELET, P. (1962). Contribution à l'étude géologique du Parnasse — Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale. *Ann. géol. pays hell.*, XIII, 446 p.
- CHARVET, J. (1978). Etude géologique des Dinarides de la côte dalmate au bassin panonique: le profil Mostar-Sarajevo-Tuzla (Yougoslavie). *Thèse*, Univ. Lille.
- CHOROWICZ, J. (1975). Le devenir de la zone de Budva vers le nord-ouest de la Yougoslavie. *B.S.G.F.*, 7, XVII, 5, pp. 699-707.
- (1977). Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie). *Soc. géol. Nord*, Publ. N° 1, France.
- CHUBERT, G. et A. FAURE-MURET (1956). Lexique stratigraphique international, Maroc, Afrique, vol. IV, fasc. 1a.
- CIMERMAN, F., R. PAVLOVEC, J. PAVSIC et L. TODESCO (1974). Biostratigraphy of the Paleogene beds of Goriska Brda. *Geologija*, Ljubljana, 17, pp. 7-130.
- COLE, W. S. (1957). Foraminifera of the Cenozoic. Annotated bibliography. Treatise on Marine Ecology and Paleoecology. *Geol. Soc. America*, mem. 67, 2, pp. 757-762.
- COMTE, D. et P. LEHMANN (1974). Sur les carbonates de l'Yprésien et du Lutétien basal de la Tunisie centrale. *C.F.P., Notes et Mémoires*, 11, pp. 275-292.
- CONANT, L. C. et G. H. GOUDARZI (1967). Stratigraphic and tectonic framework of Libya. *Bull. A.A.P.G.*, 51, 5, pp. 719-730.
- CONTESCU, L. R. (1974). Geologic history and paleogeography of eastern Carpathians: example of Alpine geosynclinal evolution. *Bull. A.A.P.G.*, 58, 12, pp. 2436-2476.
- CUVILLIER, J. (1930). Révision du Nummulitique égyptien. *Mém. Inst. Egypte*, N° 16, 372 p.
- DERCOURT, J. (1964). Contribution à l'étude géologique d'un secteur du Péloponnèse septentrional. *Ann. géol. pays hell.*, XV, 418 p.
- DESIO, A. (1968). History and geologic exploration in Cyrenaica. Geology and archaeology of northern Cyrenaica Libya, *Tenth ann. field conf., Petr. Expl. Soc. Libya*, pp. 79-113.
- (1968). Geologia dell'Italia. Manuali di Geografia, 4, *Union tipo*, Ed. Torino, 1081 p.
- DE WEVER, P. (1975). Etude géologique des séries apparaissant en fenêtre sous l'allochtone pindique (série de Tripolitza et série épimétamorphique de Zaroukla), Péloponnèse septentrional, Grèce. *Thèse*, Univ. Lille.
- DONCIEUX, L. (1948). Les Foraminifères éocènes et oligocènes de l'ouest de Madagascar, *Ann. Géol. Serv. Mines*, XIII, A, pp. 1-45.
- DROBNE, K. (1977). Alvéolines paléogènes de la Slovénie et de l'Istrie. *Mém. suisses Pal.*, 99, 175 p.
- DROBNE, K., R. PAVLOVEC et F. DROBNE (1977). Paleogene larger foraminifera from the area between Mezica and Slovenj Gradec (NW Yugoslavia). *Razprave, Diss.*, Ljubljana, XX, 1, 88 p.
- DURAND-DELGA, M. (1961). Lexique stratigraphique international, Algérie, Afrique, vol. IV, fasc. 1b.
- FAURE, H., R. FURON, M. LELUBRE, Th. MONOD, J. M. PIRES SOARES, J. SOUGY et F. TESSIER (1956). Lexique stratigraphique international, Sahara, Afrique occidentale française et portugaise, Afrique, vol. IV, fasc. 2.
- FLEURY, J. J. (1970). Le Sénonien et l'Eocène à microorganismes benthoniques du Klokova (zone du Gavrovo, Akarnanie, Grèce continentale). *Revue de Micropaléontologie*, 13, 1, pp. 30-44.
- FOURNIE, D. (1975). L'analyse séquentielle et la sédimentologie de l'Yprésien de Tunisie. *Bull. Centre Rech. Pau — SNPA*, 9, 1, pp. 27-75.
- (1978). Nomenclature lithostratigraphique des séries du Crétacé supérieur au Tertiaire de Tunisie. *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, 2, 1, pp. 97-148.
- FURON, R. (1966). Lexique stratigraphique international, Introduction à la stratigraphie générale de l'Afrique, vol. IV, fasc. 12.
- GHOSE, B. K. (1977). Paleoecology of the cenozoic reefal foraminifers and algae — a brief review. *Paleogeogr., Paleoclim., Paleoecol.*, 22, 3, pp. 231-256.

- GIDAI, L. (1971). Coupe-repère éocène de la région nord-est de Transdanubie (Sondage de Tokod 527). *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIV, 4/1, pp. 99-111.
- (1971). Les rayons de faciès de l'Eocène dans la région nord-est de la Transdanubie. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIV, 4/1, pp. 113-139.
- (1971). Les données fournies par la révision géologique de quelques affleurements éocènes classiques de la région nord-est de la Transdanubie. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIV, 4/1, pp. 79-97.
- (1976). Stratigraphic and evolutionary analogies of the Eocene of the Parisian Basin and of NE-Transdanubia. *Acta Geol. Acad. Scient. Hung.*, 20 (1-2), pp. 93-100.
- (1977). Stratigraphy of the geological key section of the Eocene of the Dorog Basin as uncovered by borehole T-527 at Tokod. *Földtani közlöny, Bull. Hung. Geol. Soc.*, 107, pp. 215-225.
- GINZBURG, A., S. S. COHEN, H. HAY-ROE et A. ROSENZWEIG (1975). Geology of mediterranean shelf of Israël. *Bull. A.A.P.G.*, 59, 11, pp. 2142-2160.
- GIRGIS, F. et K. T. HINDY (1970). Relationship of « *Nummulites gizehensis* » community and lime-mud bottom-stratum of the upper lutetian sea. *IV^e Coll. Afric. Micropal.*, Abidjan, pp. 165-174.
- HECKEL, P. (1974). Carbonate buildups in the geologic record: a review. Reefs in time and space. *Ed. Leo F. Laporte, Soc. Eco. Pal. & Min.*, Spec. Publ., N° 18, pp. 90-154.
- HENDRIX, W. E. (1958). Foraminiferal shell form, a key to sedimentary environment. *Journ. Pal.*, 32, 4, pp. 649-659.
- HENSON, F. R. S. (1950). Cretaceous and tertiary reef formations and associated sediments in middle East. *Bull. A.A.P.G.*, 34, 2, pp. 215-238.
- (1950). Middle eastern tertiary peneroplidae (Foraminifera), with remarks on the phylogeny and taxonomy of the family. *Thèse*, Leiden.
- HERAK, M. (1958). Zur Geologie und Hydrogeologie der Insel Hvar. *Geol. Vjesnik*, Zagreb, XII, pp. 135-148.
- HORSTMANN, G. (1967). Géologie de la partie méridionale de l'île de Zante (Grèce). *Thèse*, Univ. Paris.
- HOTTINGER, L. (1973). Selected Paleogene larger Foraminifera. *Atlas of Palaeobiogeography, Elsevier Sc. Publ. Comp.*, pp. 443-452.
- I. F. P. et I. G. R. S. (1966). (Institut français du Pétrole — Mission Grèce et Institut de Géologie et Recherches du sous-sol, Athènes). Etude géologique de l'Épire. *Ed. Technip*. 306 p.
- JOVANOVIĆ, C. (1972). Contribution to the knowledge of tertiary sediment geology between the rivers Una and Vrbas. *Bull. geol. Sarajevo*, 16, pp. 5-26.
- KECSKEMETI, T. (1971). Appréciation de quelques espèces de Nummulites par rapport à leur valeur stratigraphique, avec la prise en considération des facteurs paléogéographiques. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIV, 4/1, pp. 187-199.
- KECSKEMETI, T. et A. VOROS (1975). Biostratigraphische und paläoökologische Untersuchungen einer transgressiven eozänen Schichtserie (Darvasto, Bakony-Gebirge). *Frag. Min. et Pal.*, 6, pp. 63-87.
- KIEKEN, M. (1974-75). Etude géologique du Hodna, du Titteri et de la partie occidentale des Biban (Dépt. d'Alger — Algérie). *Bull. Carte géol. Algérie*, NS, 46, I et II.
- KLEINSMIEDE, W. F. J. et N. J. VAN DEN BERG (1968). Surface geology of the Jabal Al Akhdar northern Cyrenaica, Libya. Geology and archaeology of northern Cyrenaica Libya, *Tenth ann. field conf., Petr. Expl. Soc. Libya*, pp. 115-123.
- KLITZSCH, E. (1968). Outline of the geology of Libya. Geology and archaeology of northern Cyrenaica Libya. *Tenth ann. field conf., Petr. Expl. Soc. Libya*, pp. 71-78.
- KOPEK, G., T. KECSKEMETI et E. JR. DUDICH (1965). Stratigraphische Probleme des Eozäns im transdanubischen Mittelgebirge Ungarns. *Acta geologica hung.*, IX, pp. 411-426.
- KOPEK, G., E. DUDICH et T. KECSKEMETI (1971). L'Eocène de la montagne du Bakony. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIV, 4/1, pp. 201-231.
- KOROLIJA, B. et Z. MAJČEN (1969). Sur la géologie des îles d'Ugljan et de Rivanj en Dalmatie septentrionale. *Geol. Vjesnik*, 23, pp. 95-101.
- KOSTANDI, A. B. (1963). Eocene facies maps and tectonic interpretation in the western desert U.A.R. *Revue I.F.P.*, XVIII, 10, pp. 1331-1343.
- KRANJEC, V. et E. PRELOGOVIĆ (1974). On the tertiary and quaternary paleogeography and neotectonics in Croatia. *Geol. Vjesnik*, 27, pp. 95-112.

- LEHMANN, E. P., J. J. ROZEBOOM, H. O. WALLER et C. D. CONLEY (1967). Microfacies of Libya. *Petr. Expl. Soc. Libya*, 80 p.
- MAJČEN, Z. et KOROLJA B. (1969). Un profil intéressant à travers les couches de Ravni Kotari et des îles Zadar (Ugljan, Iz, Rava, Dugi Otok). *Geol. Vjesnik*, 23, pp. 103-112.
- MANIA, J. (1971). Etude géologique d'un secteur de l'Arcadie, Péloponnèse central — Grèce. *D.E.A. et Ann. Soc. géol. Nord*, XCI, 1, pp. 47-56, France.
- MANSY, J. L. (1971). Etude géologique des Monts de Kiparissia (Messénie, Grèce). *Ann. Soc. géol. Nord*, XCI, 1, pp. 57-64, France.
- MIRKOU-PERIPOPOULOU, R. M. (1974). Stratigraphie et géologie de la partie septentrionale de l'île de Zante (Grèce). *Ann. géol. pays hell.*, 1, XXVI, pp. 35-108.
- MONOD, O. (1977). Recherches géologiques dans le Taurus occidental au sud de Beysehir (Turquie). *Thèse*, Univ. Orsay.
- MONTEILLET, J. (1967). Contribution à l'étude géologique du Lutétien de la région de Louga. *Lab. Géol. Fac. Sc. Dakar*, Rapport N° 20.
- MULDINI-MAMUZIC, S. (1961). Mikrofaunisticko istraživanje eocenskog flisa otoka raba. *Geol. Vjesnik*, 15, 1, pp. 143-159.
- (1964). Mikrofauna vapnenaca i klastičnog razvoja paleogena srednje istre. *Geol. Vjesnik*, 18, pp. 281-289.
- MYERS, E. H. et W. S. COLE (1957). Foraminifera — Annotated bibliography. Treatise on Marine Ecology and Paleoecology, *Geol. Soc. America*, mem. 67, 1, pp. 1075-1081.
- NEMKOV, G. I. (1960). Les représentants actuels de la famille des Nummulitidés et leur mode de vie. *Bull. Soc. Natur. Moscou*, Geol., XXXV (1), pp. 79-86.
- (1962). Remarques sur la paléocologie des Nummulites. *Vopr. Micropaleontol.*, SSSR, 6, pp. 64-72, Traduction B.R.G.M.
- PAVIC, A. (1971). L'Eocène moyen du littoral monténégrin (Dinarides externes yougoslaves). *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIV, 4/1, pp. 255-262.
- PAVLOVEC, R. (1961). A contribution to the study of eocene and oligocene Nummulites in Yugoslavia. *Razprave Diss.*, Ljubljana, VI, pp. 369-416.
- (1962). Stratigraphie des couches liburniennes au nord-ouest de la Yougoslavie. *Mém. B.R.G.M.*, 28, II, pp. 711-717.
- (1963). Die stratigraphische Entwicklung des älteren Palaeogens im südwestlichen Teil Sloweniens. *Razprave Diss.*, Ljubljana, VII, pp. 421-556.
- (1969). Istrian Nummulites with special regard to phylogenesis and palaeoecology. *Razprave Diss.*, Ljubljana, XII, 4, pp. 155-206.
- (1975). Evolutionary lines and taxonomic problems of the Nummulitinae. *Geologija*, Ljubljana, 18, pp. 61-74.
- (1976). The Pathology of Nummulitins. *Razprave Geol. Porocila*, 19, 1/332, pp. 83-93.
- PETKOVIC, K. V. (1956). Lexique stratigraphique international, Yougoslavie, Europe, vol. 1, fasc. 12a.
- PIERI, M. (1975). An outline of Italian geology. *Fifteenth ann. field conf.*, *Earth Sc. Soc. Libyan Arab Republ.*, pp. 71-142.
- PIGORINI, B. (1967). Aspetti sedimentologici del mare Adriatico. *Mem. Soc. Ital. Sc. Nat. Mus. Civ. Stor. Nat. Milano*, XVI, III, pp. 129-199.
- ROGER, J. (1974). Paléontologie générale. *Coll. Sciences de la Terre, Masson et Cie*, Paris, 419 p.
- ROVEDA, V. (1970). Revision of the Nummulites (Foraminiferida) of the *N. fabianii-fichteli* group. *Riv. Ital. Paleont.*, 76, 2, pp. 235-324.
- SAID, R. (1950). *Nummulites gizehensis* as a possible indicator of eocene climate. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, 1, pp. 30-31.
- (1951). Restudy of the « races » of *Nummulites gizehensis*. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, 2, pp. 119-130.
- (1961). Tectonic framework of Egypt and its influence on distribution of foraminifera. *Bull. A.A.P.G.*, 45, 2, pp. 198-218.
- (1962). The geology of Egypt. *Elsevier*, 377 p.
- (1963). Note on the biostratigraphy of the middle and upper eocene sections in Egypt. *Revue I.F.P.*, XVIII, 11, pp. 1500-1503.

- SAID, R. et M. T. Kerdany, (1961). The geology and micropaleontology of the Farafra Oasis, Egypt. *Micropaleontology*, 7, 3, pp. 317-336.
- SALEM, R. (1976). Evolution of eocene-miocene sedimentation patterns in parts of northern Egypt. *Bull. A.A.P.G.*, 60, 1, pp. 34-64.
- SANDER, N. J. (1962). Aperçu paléontologique et stratigraphique du Paléogène en Arabie séoudite orientale. *Revue de Micropaléontologie*, 5, 1, pp. 3-40.
- SANDULESCU, M. (1975). Essai de synthèse structurale des Carpathes. *B.S.G.F.*, 7, XVII, 3, pp. 299-358.
- THIEBAULT, F. (1973). Etude géologique du Taygète septentrional (Péloponnèse méridional, Grèce). *Ann. Soc. géol. Nord*, XCIII, 1, pp. 55-74, France.
- TWENHOFEL, W. H. (1950). Coral and other organic reefs in geologic column. *Bull. A.A.P.G.*, 34, 2, pp. 182-202.
- VAN BELLEN, R. C. (1956). The stratigraphy of the « Main Limestone » of Kirkuk, Bai Hassan, and Qarah Chauq Dagh Structures in North Iraq. *Journ. Inst. Petrole*, 42, 393, pp. 233-263.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à la direction du Muséum d'histoire naturelle de Genève, d'avoir accepté la reprise du programme de recherche entrepris par feu le docteur P. ARNI avec l'un d'entre nous. Que MM. J. DERCOURT, J. J. FLEURY et M. MOULLADE soient assurés de toute notre gratitude pour avoir bien voulu relire et critiquer notre manuscrit.