

## Les carbonates du Crétacé dans les états de Lara, Trujillo et Barinas (Venezuela occidentale) : biostratigraphie et stratigraphie séquentielle

par Hubert ARNAUD \*, Annie ARNAUD-VANNEAU \*, Oliver MACSOTAY \*\* et Jean-François STEPHAN \*\*\*

**RÉSUMÉ.** — Cette étude des carbonates du Crétacé de la partie nord des Andes est essentiellement fondée sur l'analyse de plusieurs coupes levées et échantillonnées banc par banc dans les régions de Lara-Trujillo et de Barinas ouest. Des corrélations sont également proposées avec la région plus occidentale de Maracaibo grâce à l'examen de quelques sondages pétroliers. Dans la région Lara-Trujillo, ces carbonates appartiennent aux deux formations Peñas Altas et La Luna dont l'épaisseur totale est voisine de mille mètres. Seize séquences de dépôt y ont été reconnues à l'échelle régionale entre le Barrémien supérieur (?) et le Coniacien.

La formation Peñas Altas, principalement gréseuse, comporte trois niveaux calcaires principaux, le premier au Barrémien supérieur (?) - Aptien inférieur (séquences de dépôt 2 à 5, environ 200 m d'épaisseur), le second à la limite Aptien-Albien (séquences de dépôt 7 et 8, environ 50 m d'épaisseur) et le troisième à l'Albien supérieur (membre La Puya, séquence de dépôt 11). Sur cette partie de la bordure nord du bouclier guyanais à sédimentation détritique terrigène dominante, les carbonates ne peuvent se développer qu'au sommet des intervalles transgressifs et à la base des prismes de haut niveau, pendant les périodes de maximum de rétrogradation des dépôts gréseux. Les faciès carbonatés sont pour l'essentiel des faciès de transgression, caractérisés par l'importance des remaniements, l'abondance des échinodermes et des bivalves et la présence d'espèces opportunistes de foraminifères benthiques (Choffatelles jusqu'au sommet de l'Aptien inférieur, Mésorbitolines autour de la limite Aptien-Albien). Les faciès de plate-forme standard, déposés dans des milieux peu profonds, marins ouverts ou faiblement confinés, sont très rares, présents uniquement dans les prismes de haut niveau. Les faciès à rudistes ne sont présents et développés que vers l'extérieur de la plate-forme (au nord du secteur étudié) là où les apports détritiques terrigènes sont localement absents dans les prismes de haut niveau. De profondes vallées incisées existent à plusieurs niveaux de la série, soulignées par la discontinuité à l'affleurement de nombreux membres, notamment calcaires : à la base où la séquence de dépôt 1 n'est connue que localement, à l'Aptien supérieur où les Pelitas de Guáimaras disparaissent latéralement en plusieurs points, à la limite Aptien-Albien où la limite de séquence de dépôt Sb8 est caractérisée par une très grande irrégularité et la présence d'un paléokarst. Les paraséquences sont généralement rythmiques, de type shallowing-up, mais des paraséquences cycliques existent aussi plus rarement dans la partie sommitale des intervalles transgressifs.

La formation La Luna, épaisse de 70 m environ, est caractérisée par l'approfondissement important des milieux de dépôt qui débute dès le sommet de la formation Peñas Altas (membre La Puya) et se termine au Turonien inférieur, ce qui correspond à la grande transgression de la partie moyenne du Crétacé bien connue à l'échelle de la Téthys. C'est sur cette plate-forme progressivement noyée qu'apparaissent puis se développent après l'Albien des milieux anoxiques souvent marqués par l'abondance de foraminifères pélagiques nains.

Dans la région de Barinas ouest, la transgression crétacée débute seulement à l'Albien supérieur. Les formations Aguardiente, Escandalosa et Navay *pro parte*, d'âge albien supérieur à coniacien, représentent les équivalents latéraux du membre La Puya et de la formation La Luna. Déposée dans des environnements plus proches du bouclier guyanais, cette série de plus de 250 m d'épaisseur est constituée de marnes et pélites, de grès et de calcaires souvent riches en bivalves, déposés dans des milieux marins peu profonds.

Sur un plan plus général, une typologie des séquences de dépôt a été proposée en liaison avec les variations du niveau relatif de la mer qui ont été précisées pour l'intervalle Barrémien supérieur (?) - Coniacien.

**MOTS CLÉS.** — Venezuela, Crétacé, plates-formes, séquences, stratigraphie séquentielle.

\* Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, UMR 5025, 15 rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble cedex.

\*\* Urb. El Trigal norte, Av. Atlántico, n° 155-61B, Valencia, Venezuela.

\*\*\* UMR Géosciences Azur CNRS et Université de Nice-Sophia Antipolis, Avenue Albert Einstein, 06560 Valbonne, France.

## Cretaceous carbonate sedimentation in the Western Venezuela (Lara, Trujillo and Barinas regions) : biostratigraphy and sequence stratigraphy

**ABSTRACT.** – Numerous sections of Cretaceous limestones were bed-by-bed measured and sampled on the Western Venezuela platform (northern part of the Andean realm, states of Lara, Trujillo and Barinas) allowing us to propose a new sequence stratigraphy scheme and correlations. Tentative comparisons are proposed with the western piedmont of the Andes (Maracaibo region) owing to the examination of a few number of unpublished Maraven wells. In the Lara-Trujillo region, limestones and marly limestones belong to the Peñas Altas and La Luna formations, approximately thousand meters thick. From the basement to the upper part of La Luna formation, 16 depositional sequences are distinguished in the Upper Barremian (?)- Coniacian series.

The Peñas Altas formation consists mainly of sandstones, interbedded by three carbonate levels, deposited the first one during the Upper Barremian (?)-Lower Aptian (200 m thick, depositional sequences 2 to 5), the second one on the Aptian-Albian boundary (50 m thick, depositional sequences 7 and 8) and the last one during the Upper Albian (La Puya member, depositional sequence 11). On this northern part of the Guayana shield, characterized by a coarse grained siliciclastic sedimentation, carbonate deposits may occur only at the top of transgressive systems tracts and at the bottom of highstand systems tracts, during periods of regional backstepping of the siliciclastic sedimentation. Owing to this location, transgressive facies are predominant, characterized by the general reworking of allochems, the abundance of echinids and bivalves (especially oysters), the presence of blackened elements and of opportunistic species of benthic foraminifers (Barremian-Lower Aptian *Choffatella*, uppermost Aptian-lowermost Albian *Mesorbitolina*). Standard platform facies, deposited in open marine (or slightly restricted), shallow- to deep-subtidal environments, are far less developed and known only in highstand systems tract parasequence sets. Rudists or *Gervillia* communities are present and well developed towards the north or the west only (Curarigua and Maracaibo regions) into highstand systems tracts, location which is linked with the local lack of siliciclastic inputs. Large incised valleys are common at three levels, above the basement as along sequence boundaries Sb6 (Upper Aptian) and Sb8 (Aptian-Albian boundary). The first one is infilled by depositional sequence 1 which is only known in a few points. The second one is partially infilled by the *Pelitas de Guáimaro*s showing lateral disappearances and appears to be a regional unconformity with truncation of the underlying layers. The third one is marked by the local distribution of decametric thick calcareous bodies since sequence boundary Sb8 corresponds to erosion and dissolution surface with paleokarst. In some points (Torococo road) the paleokarst is firstly infilled by *Mesorbitolina* marls, then covered by a paleosol with root molds. Shallowing-up parasequences are common as usual on the platforms but cyclic deepening-shallowing-up parasequences occur in some late TST.

The La Luna formation, 70 m thick in the Lara-Trujillo region, is characterized by the progressive increase of the depth from the Upper Albian (La Puya member of the Peñas Altas formation) to the Lower Turonian. This deepening is marked by the progressive disappearance of benthic fauna and the development of small-sized pelagic foraminifers. It could be linked with the main middle Cretaceous transgression well known everywhere in the Tethys. On this drowned platform anoxic events take places and show the best development in late TST and early HST.

In the Western Barinas region, the Cretaceous transgression begins only during the Upper Albian. The Upper Albian to Coniacian Aguardiente, Escandalosa and *pro parte* Navay formations are coeval to La Puya member and La Luna formation of the Lara-Trujillo region. They were deposited in more proximal areas from the Guayana shield and the siliciclastic sources. It is the reason why this series, more than 250 m thick, consists of clays, marls, sandstone and bivalves rich limestones deposited in shallow to deep subtidal open-marine environments.

In addition, a long-term curve for relative sea-level variations and a depositional sequences typology is proposed for this Upper Barremian (?)-Coniacian series.

**KEY WORDS.** – Venezuela, Cretaceous, carbonate platforms, sequences, sequence stratigraphy.

## Los carbonatos del Cretácico en los estados de Lara, Trujillo y Barinas (Venezuela oeste) : bioestratigrafía y secuencias deposicionales

**RESUMEN.** – El estudio de los carbonatos del Cretácico de la parte norte de los Andes esta basado principalmente en el análisis de varias secciones que fueron muestreadas capa por capa en las regiones de Lara-Trujillo y Barinas oeste. Se elaboraron algunas correlaciones con la región mas occidental de Maracaibo, esto, gracias a los datos obtenidos de algunas perforaciones petroleras. Los carbonatos de la región Lara-Trujillo corresponden a las formaciones Peñas Altas y La Luna, cuyo espesor total abarca los mil metros. Dieciseis secuencias de depósito fueron reconocidas a la escala regional entre el Barremiano superior (?) y el Coniaciano.

La formación Peñas Altas, cuya mayor parte corresponde a areniscas, comprende principalmente tres niveles calcáreos : el primero al Barremiano superior (?)-Aptiano inferior (secuencias de depósito 2 a 5, aproximadamente 200 m de espesor), el segundo al límite Aptiano-Albiano (secuencias de depósito 7 y 8, aproximadamente 50 m de espesor), y el tercero al Albiano superior (miembro La Puya, secuencia de depósito 11). Sobre esta parte del borde norte del escudo guyanés de sedimentos detrítico-terrágenos dominantes, los carbonatos no pudieron desarrollarse, excepto al tope de los intervalos transgresivos (TST) y en la base de los prismas de alto nivel (HST), durante los periodos de máxima retrogradación de depósitos de areniscas. Las facies carbonatadas son facies de transgresión caracterizadas por un retrabajamiento, por la abundancia de equinodermos y de bivalvos, y la presencia de especies oportunistas de foraminíferos bentónicos (Choffatellas hasta el tope del Aptiano inferior, Mesorbitolinas alrededor del límite Aptiano-Albiano). Las facies de plataforma estándar que fueron depositadas en medios poco profundos, y en mar abierto o debilmente confinados, son muy raras, y se encuentran presentes exclusivamente en los prismas de alto nivel (HST). Las facies de rudistas estan presentes y desarrolladas únicamente hacia el exterior de la plataforma (al norte del sector estudiado), ahí dónde los aportes detrítico-terrágenos estan localmente ausentes en los prismas de alto nivel (HST). Profundos paleovalles existen en varios niveles de la serie, y estos estan señalados por discontinuidades en los afloramientos de numerosos miembros, notablemente calcáreos : en la base dónde la secuencia de depósito 1 no esta conocida más que localmente, en el Aptiano superior dónde las Cutitas de Guáimaras desaparecen lateralmente en varios sitios, y en el límite Aptiano-Albiano dónde el límite de la secuencia de depósito Sb8 esta caracterizado por una irregularidad muy grande, asi como por la presencia de un paleokarst. Las parasecuencias son generalmente rítmicas, de tipo shallowing-up, existiendo también pero mas raramente algunas parasecuencias cíclicas en la parte superior de los intervalos transgresivos.

La formación La Luna de aproximadamente 70 m de espesor, esta caracterizada por un hundimiento importante de los medios de depósito que se inician desde el tope de la formación Peñas Altas (miembro La Puya), y que se terminan en el Turoniano inferior, lo que corresponde a la gran transgresión de la parte media del Cretácico bien conocida a la escala del Téthys. Es sobre esta plataforma progresivamente hundida que aparecen y que se desarrollan, despues del Albiano, medios anóxicos regularmente marcados por la abundancia de pequeños foraminíferos pelágicos. En la región de Barinas oeste, la transgresión cretácica se inició en el Albiano superior. Las formaciones Aguardiente, Escandalosa y Navay *pro parte*, de edad Albiano superior al Coniaciano, representan los equivalentes laterales del miembro La Puya y de la formación La Luna. Depositada en ambientes mas cercanos del escudo guyanés, esta serie de más de 250 m de espesor esta constituida de margas y de pelitas, de areniscas y de calizas regularmente ricas en bivalvos, depositadas en medios marinos poco profundos.

En un plano mas general, se propone una tipología de secuencias de depósito que estan ligadas a las variaciones del nivel relativo del mar, y que fueron precisadas para el intervalo Barremiano superior (?)-Coniaciano.

**PALABRAS CLAVES.** – Venezuela, Cretácico, Plataformas, Secuencias, Secuencias deposicionales.

Les secteurs étudiés appartiennent aux Andes vénézuéliennes ou Andes de Mérida, appendice nord-oriental des Andes colombiennes. Cette chaîne est un édifice en transpression qui jalonne depuis le Miocène le grand décrochement dextre de Bocono [Stephan, 1985 ; Pindell *et al.*, 1998] ; ce dernier constitue, avec la faille d'El Pilar qui le prolonge vers l'est, la frontière entre les plaques Caraïbes et Amérique du Sud (fig. 1). Les Andes de Mérida se sont construites aux dépens de la plate-forme continentale située au nord-ouest du craton guyanais et qui fut à plusieurs reprises immergée durant le Crétacé et le Paléogène [Parnaud *et al.*, 1995]. La surrection néogène et quaternaire des Andes de Mérida a mis à l'affleurement différents sous-domaines de cette plate-forme. Ainsi, aux extrémités de la chaîne ce sont d'anciens bassins crétacés qui ont été inversés, les bassins d'Uribante-Táchira au SW et de Trujillo au NE. Par contre, dans la partie centrale de la chaîne, c'est une ancienne voûture NW-SE, peu subsidente pendant l'essentiel du Mésozoïque et du Paléogène, « l'Arche de Mérida », qui a été soulevée et qui porte (entre autre) les sommets de la cordillère.

La couverture crétacée et paléogène des Andes de Mérida s'enfonce sous l'allochtone caraïbe [= nappes de Lara, Stéphan, 1985] à la pointe NE de la chaîne, tant au nord de la faille de Bocono (chevauchement Carora-El

Tocuyo) (fig. 2), qu'au sud de ce décrochement dans la Sierra de Portuguesa. Les secteurs étudiés se situent respectivement à l'aplomb de l'ancien bassin de Trujillo au NW d'El Tocuyo et à l'emplacement de l'ancienne « Arche de Mérida » au NW de Barinas.

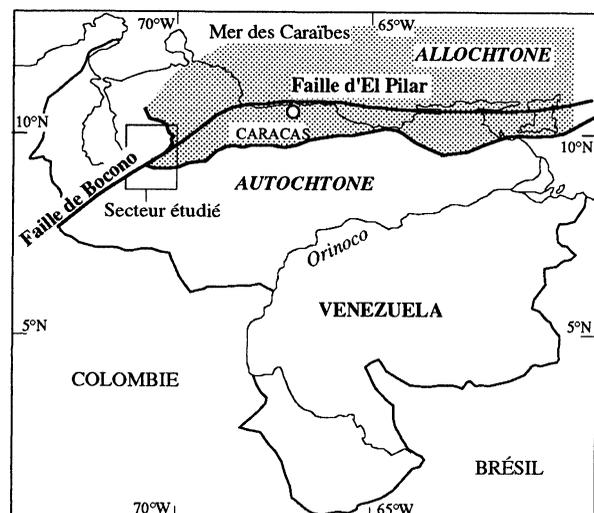


FIG. 1.– Localisation géographique de la région étudiée.

FIG. 1.– Geographic location of the studied area.

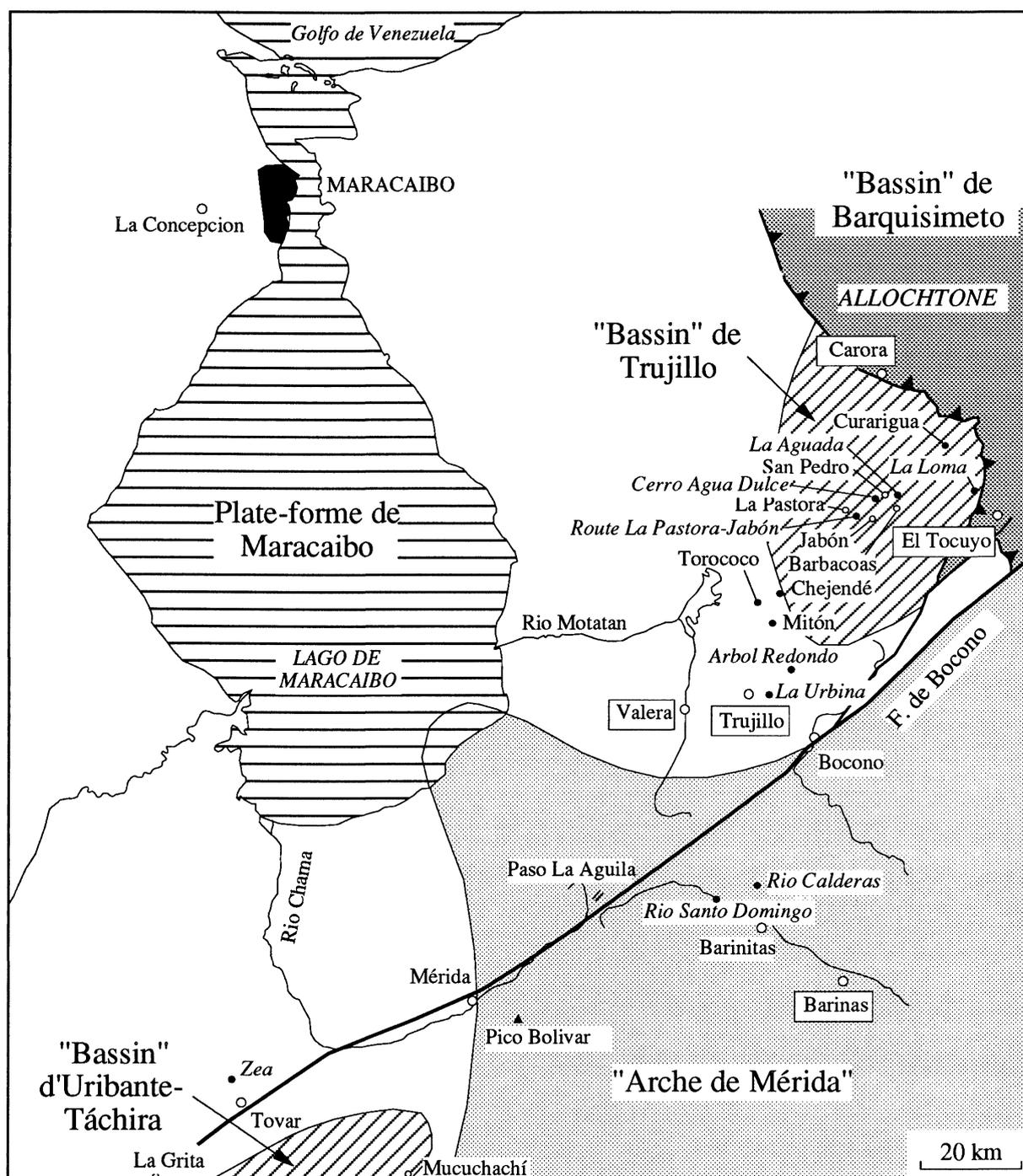


FIG. 2.— Localisation des coupes étudiées ou visitées. Ensembles paléogéographiques d'après Vahrenkamp *et al.* [1993], modifié.

FIG. 2.— Location of the studied or visited sections. Paleogeographic domains according to Vahrenkamp *et al.* [1993].

La série crétacée autochtone du Venezuela occidental a fait l'objet depuis longtemps de très nombreuses études en raison de son intérêt pétrolier. C'est dire que ses principaux caractères sont bien connus, notamment pour la partie « moyenne » du Crétacé et tout particulièrement la formation La Luna, principale roche mère de cette région [références complètes pour ce niveau dans Erlich *et al.*, 1999]. Par contre, la partie inférieure de la série crétacée est

beaucoup moins connue. Au nord des Andes de Mérida, dans la région de Lara-Trujillo, elle est représentée par une épaisse série essentiellement détritique terrigène à l'intérieur de laquelle plusieurs niveaux de carbonates de plate-forme sont intercalés. Enfin, à l'est de la faille de Bocono, la région de Barinas est caractérisée par des successions déjà bien différentes.

Les carbonates de plate-forme intercalés à différents niveaux de cette série de la région Lara-Trujillo ont fait

l'objet d'une étude détaillée dans le cadre de deux missions, la première en 1989 pour la société Aguasuelos Ingenieria agissant pour le compte de Corpoven [Arnaud *et al.*, 1991], la seconde en 1996 pour la société Maraven [Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1997]. Lors de cette dernière, des comparaisons ont pu être établies avec le secteur de Maracaibo et avec la région de Mérida grâce à l'aide et aux connaissances de M.A. Lorente, O. Odreman et I. Truskowski.

L'objet de cette note est donc de décrire brièvement les coupes étudiées, d'en proposer une interprétation de stratigraphie séquentielle et de préciser les corrélations entre ces diverses régions.

## 1. – INTRODUCTION

La région étudiée appartenait pendant le Crétacé à la marge nord du bouclier guyanais. Elle était caractérisée par une sédimentation silicoclastique dominante et par des intercalations de carbonates de plate-forme, déposés dans des milieux marins peu profonds, qui passent latéralement vers le nord et le nord-ouest à des environnements progressivement plus profonds. C'est la raison pour laquelle la transgression crétacée débute au nord-ouest où sont connus les dépôts les plus anciens (probablement barrémiens sinon hauteriviens) et gagne progressivement vers le sud-est où les premiers niveaux sont plus récents, d'âge d'abord aptien, puis albien. Cette diachronie des niveaux de base du Crétacé est connue depuis longtemps, bien que les datations soient partout très difficiles en raison de l'absence de fossiles significatifs.

Dans ce cadre bien défini, dont l'historique et les discussions ont été très bien résumées par Garcia Jarpa *et al.* [1980], notre travail concerne seulement les niveaux principalement calcaires de la formation Peñas Altas et les dépôts sus-jacents de la formation La Luna dans la région de Lara-Trujillo, ainsi que leurs homologues dans la région de Barinas. Plusieurs coupes ont été levées et échantillonnées banc par banc, mais les grès n'ont pas fait l'objet d'étude, sauf lorsque quelques bancs étaient intercalés dans les carbonates (fig. 2).

## 2. – LITHOSTRATIGRAPHIE ET STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE

Le découpage lithostratigraphique du Crétacé du Venezuela occidental est relativement complexe, ce qui est normal pour une région dont l'intérêt pétrolier a déterminé de nombreuses études depuis plus d'un siècle. L'historique des travaux et le découpage lithostratigraphique ont été détaillés par Garcia Jarpa *et al.*

[1980] auxquels nous renvoyons le lecteur dans la mesure où il s'agit de la publication la plus détaillée et la plus synthétique pour cette vaste région. La définition des unités est donnée par le Lexique stratigraphique international, Amérique latine, de Petzall *et al.* [1978].

Sur le plan géographique plusieurs secteurs ou sous-bassins (*sub-cuencas*) ont été distingués d'ouest en est, caractérisés par un accroissement sensible des dépôts détritiques grossiers selon cette direction : il s'agit des secteurs de Machiques, du Lac de Maracaibo, d'Uribante-Táchira (incluant la région de Mérida), de Lara-Trujillo et de Barinas ouest, le long de la retombée orientale des Andes (fig. 2).

D'une manière générale l'ensemble des unités lithologiques qui ont été définies au Venezuela occidental correspondent à deux principaux types d'environnement.

1/ À la base des environnements soit continentaux, soit marins peu profonds caractérisée principalement par des dépôts détritiques terrigènes à l'intérieur desquels s'observent généralement plusieurs intercalations de carbonates. Les grès plus ou moins grossiers, souvent épais, des régions du sud-ouest (Uribante, Lara-Trujillo et Barinas ouest) passent vers le nord-ouest à des dépôts plus fins et dominés par les argiles (Maracaibo, Machiques).

2/ Au sommet, des environnements plus profonds, généralement sans niveaux détritiques grossiers (sauf à l'est), caractérisés par des faunes planctoniques et nectoniques (foraminifères pélagiques, ammonites) dont les faciès sont beaucoup plus uniformes à l'échelle régionale.

### 2.1. Lithostratigraphie du Crétacé (Barrémien ? - Coniacien)

Le Crétacé est partout discordant sur les séries plus anciennes, paléozoïques (formation Mucuchachí) ou jurassiques (formation La Quinta).

La partie inférieure des dépôts du Crétacé (Barrémien ? - Albien moyen) est subdivisée en un ensemble de formations principalement gréseuses ou carbonatées [Rod et Maync, 1954]. *Au nord-ouest et au sud-ouest*, dans les régions d'Uribante, Maracaibo et Machiques, les trois formations suivantes ont été distinguées, de bas en haut (fig. 3) :

1 – la formation Río Negro représentée par des grès plus ou moins grossiers, parfois épais, plus rarement intercalés de petits niveaux conglomératiques ;

2 – la formation Apón, qui est principalement constituée par des calcaires, est généralement subdivisée en membres parmi lesquels les « Lutitas de Guáimaro » dont l'âge aptien supérieur est attesté en plusieurs points par des ammonites ;

		MARACAIBO	URIBANTE (MÉRIDA)	TRUJILLO	BARINAS OUEST	
SANTONIEN		COLON	?	COLON		
		?	?	?		
CONIACIEN		LA LUNA	LA LUNA	Timbetes	NAVAY	
TURONIEN			CAPACHO	Guayacán	Chejendé	La Morita
CENOMANIEN				Seboruco	La Aguada	ESCANDALOSA
ALBIEN	Supérieur	MARACA		La Grita	LA LUNA	
	Moyen	LISURE	AGUARDIENTE	La Puya		AGUARDIENTE
	Inférieur					Clasticos basales
APTIEN	Supérieur	Piché	Guáimaras	PEÑAS ALTAS		
	Inférieur	APON Machiques Tibú	APON			
BARREMIEN		RIO NEGRO	RIO NEGRO			

APON : formation ; Timbetes : membre

FIG. 3.- Découpage lithostratigraphique de la région étudiée et des secteurs voisins.

Fig. 3.- Lithostratigraphy, main formations and members of the studied area and surrounding regions.

3- la formation Aguardiente, gréseuse, est bien développée dans le Táchira et aux alentours de Mérida (Uribante), mais passe latéralement vers le nord-est à des intercalations de calcaires et de lutites qui constituent la formation Lisure.

Au nord-est, dans la région de Lara-Trujillo, la partie inférieure du Crétacé, majoritairement gréseuse, constitue l'épaisse formation Peñas Altas. Pour Renz [1959] cette formation était comprise entre le sommet des Lutitas de Guáimaras et la base de sa formation La Puya. Plus tard, ce même auteur incluait le membre La Puya au sommet de la formation Peñas Altas [Renz, 1968], solution également adoptée par Garcia Jarpa *et al.* [1980] qui redéfinirent cette formation en y incluant « *el intervalo comprendido entre la base del Cretáceo y la base de Formación La Luna, en el área de la Subcuenca Lara-Trujillo.* » Pour ces auteurs, elle correspondrait en outre à l'ensemble des formations Río Negro-Apón-Aguardiente de la région d'Uribante et aux formations Río Negro-Apón-Lisure de la région de Machiques. Du point de vue lithologique, la formation Peñas Altas renferme plusieurs intercalations calcaires, parfois épaisses, parmi lesquelles les deux plus importantes sont d'âge aptien inférieur et aptien terminal-albien basal.

À l'est des Andes, dans la région de Barinitas (secteur de Barinas ouest de Garcia Jarpa *et al.* [1980]), le Crétacé inférieur correspond à la partie inférieure de la formation Aguardiente, représentée par des grès et des pélites intercalés de quelques niveaux calcaires.

**La partie moyenne du Crétacé** (Albien supérieur - Coniacien), située entre les formations précédentes et la base de la formation Colón (Crétacé terminal), correspond principalement à la formation La Luna (fig. 3). Toutefois, si cette dénomination est partout utilisée pour la partie supérieure de l'intervalle, il n'en est pas de même pour la partie inférieure qui correspond soit à la formation Maraca au nord-ouest (régions de Machiques et de Maracaibo), soit à la formation Capacho au sud-est (région d'Uribante), subdivisée en trois membres (La Grita, Seboruco et Guayacán).

Dans la région de Maracaibo et sur le flanc nord-ouest des Andes (états de Táchira, Zulia et Mérida) la formation La Luna est comprise entre le Cénomanién supérieur et le Campanien inférieur [Galea Alvarez, 1989], mais cet auteur y place également le membre Tres Esquinas qui appartient à la Formation Colón d'après le Lexique Stratigraphique international [Petzall *et al.*, 1978].

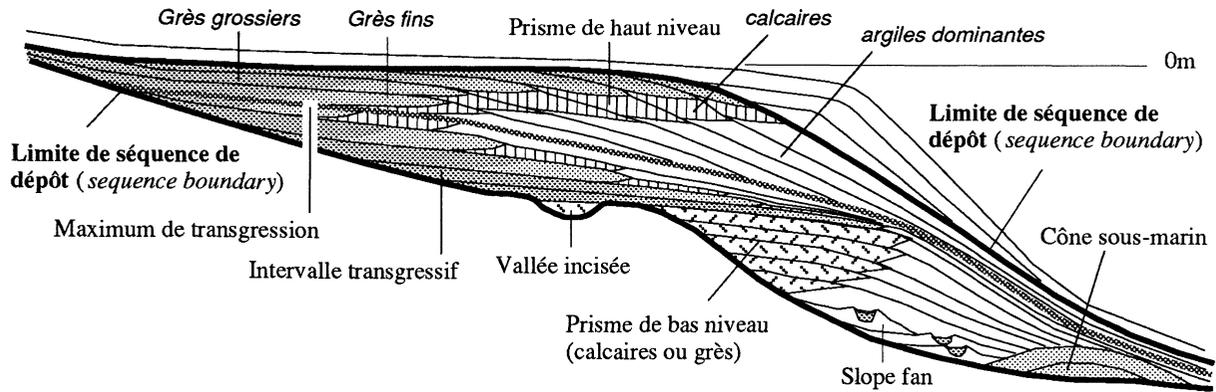


FIG. 4.— Stratigraphie séquentielle : place des carbonates sur une plate-forme mixte à sédimentation silicoclastique et carbonatée.

FIG. 4.— Sequence stratigraphy: location of limestones into a mixed siliciclastic and carbonate platform, such as the Venezuelan one.

Dans la région de Lara-Trujillo, la formation La Luna correspondait, pour Renz [1968], à la totalité des couches situées entre le sommet de la formation Peñas Altas (où il avait défini le membre carbonaté La Puya) et la base de la formation Colón ; il y distinguait, de bas en haut, les trois membres de La Aguada, Chejendé et Timbetes, caractérisées par des faciès riches en foraminifères pélagiques, par un passage très progressif de l'une à l'autre et par un maximum d'argilosité dans le membre Chejendé. Ultérieurement, cette subdivision tripartite de la formation La Luna fut entérinée par Garcia Jarpa *et al.* [1980] pour ce secteur.

À l'est dans le secteur de Barinitas cet intervalle comprend les formations Aguardiente (partie supérieure), Escandalosa et Navay *pro parte*, la seconde étant principalement gréseuse à la base et calcaire au sommet, tandis que la troisième débute par un intervalle marneux relativement épais, correspondant au membre La Morita du Turonien.

## 2.2. Stratigraphie séquentielle

Les carbonates de plate-forme ne s'observent généralement que dans des milieux peu profonds caractérisés par de faibles apports détritiques terrigènes ; lorsque ceux-ci sont trop abondants ou trop grossiers ils s'expriment seulement, dans le meilleur des cas, sous forme de marnes ou de grès à ciment calcaire. Dans les régions dominées par les apports détritiques, comme c'est le cas pour la bordure nord du bouclier guyanais, l'exclusion entre les carbonates et les dépôts terrigènes se traduit à chaque instant par deux conséquences : 1/ la zonation longitudinale des sédiments détritiques terrigènes des plus grossiers à l'amont vers les plus fins à l'aval, à mesure que l'on s'éloigne des sources, 2/ le rejet des carbonates de plate-forme à l'aval de ce dispositif, là où les apports terrigènes sont les moins importants ; dans ce cadre, les

carbonates de plate-forme n'existent que si les apports terrigènes sont peu importants et si la profondeur n'est pas trop grande. Il en résulte que les périodes favorables au dépôt des carbonates sont celles qui sont proches des maxima de rétrogradation des faciès terrigènes grossiers : du point de vue de la stratigraphie séquentielle (fig. 4) il s'agit principalement de la partie moyenne des intervalles transgressifs et des prismes de haut niveau (la partie inférieure des IT et le sommet des PHN étant le siège d'une sédimentation détritique grossière, tandis que les maxima de transgression sont caractérisés par des milieux le plus souvent trop profonds).

D'un autre point de vue, la place et l'importance des dépôts carbonatés varie, en un lieu donné, d'une séquence de dépôt à une autre en fonction du contexte à long terme (périodes transgressives ou régressives de 2<sup>e</sup> ordre) :

- lorsque le niveau relatif de la mer est très bas pendant un longue période, les grès occupent presque toute la place disponible en raison de la très forte progradation de l'ensemble du système sédimentaire, à l'exception parfois du maximum de la transgression (mfs) qui peut être souligné par un seul banc calcaire, parfois riche en glauconite ou en éléments détritiques terrigènes ;

- lorsque le niveau relatif de la mer reste très haut, quelles que soient ses fluctuations, pendant plusieurs séquences de dépôt consécutives, les grès de la base des intervalles transgressifs et du sommet des prismes de haut niveau cèdent la place aux carbonates en raison de la très forte rétrogradation du détritique terrigène ; par contre, en raison des grandes profondeurs relatives, les dépôts argileux souvent épais dominent de part et d'autre de la mfs. Ce type de disposition, très important pour la compréhension régionale des séries de cette région, sera détaillé dans le § 8.

### 3. – FACIÈS ET SÉQUENCES

#### 3.1. Les principaux faciès

Les faciès des dépôts carbonatés du Venezuela sont extrêmement monotones. Dans leur immense majorité, il s'agit de faciès à ciment micritique, de texture mudstone et wackestone, plus rarement packstone. Les faciès à ciment sparitique et à texture grainstone, extrêmement rares, se rencontrent principalement dans des dépôts de tempête (*tempestites*).

Beaucoup de faciès peuvent être distingués mais cette diversité est illusoire car la plupart sont très semblables et diffèrent non pas par la nature des éléments figurés mais par leurs proportions relatives. En conséquence, ces différences traduisent plus l'influence de conditions locales, notamment la plus ou moins grande importance des remaniements, que des variations importantes des milieux de dépôt. D'autres différences, là encore sans grande importance, résultent pour l'essentiel de l'évolution des peuplements entre l'Aptien et le début du Crétacé supérieur. En conséquence, nous distinguerons les faciès de transgression, très largement prédominants, et les faciès de plate-forme standard, très peu représentés dans les coupes étudiées.

##### 3.1.1. Les faciès de transgression

Les faciès de transgression ont été définis [Arnaud-Vanneau, 1980] comme des micrites de texture mudstone à wackestone, souvent argileuses, caractérisés par l'importance des remaniements (ferruginisation des éléments, dont les bioclastes), la présence et parfois l'abondance relative des éléments détritiques terrigènes (argiles présentes presque partout mais qui peuvent être localement abondantes, quartz silteux beaucoup plus rare) et l'existence dans certains cas de petits grains dispersés de glauconie. Les bioclastes, généralement anguleux, parfois abondants et très souvent remaniés, sont de nature variée : plaques et radioles d'échinides irréguliers, fragments de coquilles de bivalves, gastéropodes, arthropodes, annélides et petits débris d'algues (*Terquemella* notamment) dominant. Les huîtres *sensu lato* sont parfois très fréquentes, les valves étant soit déplacées par les courants, soit maintenues dans leur milieu de vie (par exemple certains niveaux à *Ceratostreon*). Les bryozoaires existent parfois mais sont très rares. Les petits foraminifères benthiques sont dans l'ensemble rares et assez peu diversifiés, caractère commun aux plates-formes du domaine sud-téthysien.

En dépit de l'importance des remaniements, l'abondance des échinides réguliers, la variété des débris de métazoaires et la diversité relative des foraminifères benthiques témoignent d'un dépôt dans des milieux marins ouverts, calmes, infratidaux (*deep subtidal, open marine*), appartenant à l'étage circalittoral<sup>(1)</sup> [Pérès, 1961]. Dans la plupart des cas, la

profondeur de ces milieux ne devait probablement pas dépasser quelques dizaines de mètres en raison de l'absence des foraminifères du genre *Dorothia*, que l'on s'attendrait normalement à trouver dans ce type de faciès, et de la rareté des Nodosariidés.

Dans leur totalité toutefois, ces faciès de transgression sont caractérisés par la présence d'espèces opportunistes [Arnaud-Vanneau, 1986] : Choffatelles du Barrémien supérieur ? -Aptien inférieur, Mésorbitolines de l'Aptien supérieur-Albien inférieur. Bien qu'elles soient toujours présentes, leur abondance dépend de la



FIG. 5.— Coupe d'Arbol Redondo, banc calcaire massif à gros nodules calcitiques (séquence de dépôt 2, environ 2 m sous l'échantillon 4373). Échelle (mètre pliant) : 10 cm.

FIG. 5.— Massive limestone, with large calcitic vugs. Arbol Redondo section, 2 m below sample 4373 (depositional sequence 2). Scale : 10 cm long.

(1) La zonation biogéographique des fonds marins de Pérès [1961] permet classiquement de subdiviser le domaine marin en plusieurs étages caractérisés par leurs peuplements. Pour la zone de pénétration de la lumière (domaine phytal) on distingue ainsi de haut en bas les étages supralittoral, médiolittoral, infralittoral et circalittoral dont les équivalents approximatifs sont les suivants : supratidal et intertidal pour les deux premiers, subtidal ou infratidal pour les deux derniers.

nature du milieu et surtout de la présence de grains de quartz silteux qui leur est nécessaire pour construire leurs tests agglutinés.

Plusieurs variétés de faciès de transgression peuvent être distinguées en fonction de la plus ou moins grande abondance des bioclastes et de la prépondérance de certains éléments.

– **Les micrites azoïques**, pouvant renfermer un peu de quartz silteux détritique et quelques rares bioclastes, le plus souvent remaniés, parmi lesquels des plaques d'échinides, des fragments de gastéropodes ou de bivalves. Dans la coupe d'Arbol Redondo (séquences de dépôt 2 et 3) certains niveaux renferment de grosses concrétions calcitiques (fig. 5) qui traduisent probablement l'existence temporaire d'un confinement des eaux (périodes anoxiques ?).

– **Les micrites à algues calcaires**, nombreux bioclastes et péloïdes. Les algues sont représentées par une grande abondance de fragments de *Terquemella*, mais d'autres espèces ne sont pas rares, par exemple les grandes *Cylindroporellas*. Les fragments de bivalves appartiennent souvent à de grandes formes plates telles que les *Gervillia* de l'Aptien-Albien, mais les débris de rudistes ne sont pas rares à l'Aptien supérieur-Albien. Les gastéropodes sont assez nombreux, représentés par une grande variété de Nérinées et par de petites formes costulées.

– **Les biopelmicrites à gastéropodes et péloïdes**, distinguées par l'abondance des gastéropodes, dont certains de grandes dimensions (petites formes costulées, grande variété de nérinées).

### 3.1.2. Les faciès de plate-forme standard

Ces faciès, très rares, caractéristiques d'environnements marins peu profonds, ouverts à faiblement confinés, s'observent seulement dans quelques paraséquences calcaires sommitales des prismes de haut niveau.

– **Les biomicrites et biopelmicrites à *Gervillia*** dans lesquelles ces grands bivalves se trouvent, soit en colonies formées d'individus très nombreux, parfois presque jointifs, soit en accumulations de fragments souvent rectilignes. Dans le premier cas, les colonies, très visibles sur le terrain, se développaient dans des milieux marins ouverts, infralittoraux (*shallow subtidal, open marine*), probablement peu profonds, situés au voisinage, d'une part des environnements à algues dasycladales et gastéropodes, d'autre part des colonies de rudistes. Dans le second cas, il s'agit d'accumulations dans des milieux proches des précédents en raison de leur caractère monospécifique, de l'absence de classement granulométrique des fragments de coquilles et de leur mélange avec d'autres bioclastes ou des péloïdes de dimensions variées.

– Les **biopelmicrites à biopelsparites à rudistes** caractérisées par l'abondance des rudistes, soit sous forme de débris de grandes dimensions, soit sous forme de colonies mono- ou plurispécifiques. Parmi les autres éléments figurés, une grande quantité de péloïdes et de bioclastes (rares plaques d'échinodermes, quelques petits gastéropodes, algues dasycladales et foraminifères benthiques peu nombreux). Ce faciès est typique de dépôts dans des milieux marins infralittoraux, peu profonds, mais totalement déconfinés, c'est-à-dire soumis à une salinité et une oxygénation normale (*shallow subtidal, open marine*).

– Les **pelbiomicrites à pelbiosparites à foraminifères benthiques et gastéropodes** sont constituées essentiellement par des péloïdes (éléments micritisés) et, accessoirement, par des bioclastes parmi lesquels d'assez nombreux foraminifères benthiques (dont de nombreux miliolidés), de petits gastéropodes et de rares plaques d'échinodermes, algues dasycladales et fragments de bivalves. Le milieu de dépôt correspondant est marin peu profond, infralittoral, très faiblement confiné (*shallow subtidal, open marine to slightly restricted*).

– Les **micrites ou pelmicrites à bird's eyes** peuvent également renfermer des péloïdes (éléments micritisés) et d'assez rares bioclastes. Le milieu de dépôt est marin très peu profond, infralittoral supérieur à médiolittoral (intertidal), avec un confinement vraisemblablement important (*shallow subtidal to intertidal, restricted*).

– Les **micrites à rares foraminifères et ostracodes** sont presque azoïques et renferment seulement quelques rares petits foraminifères benthiques et des ostracodes. Le milieu de dépôt est probablement très peu profond, confiné, infra- à supralittoral (*shallow subtidal to intertidal, restricted*).

– Les **micrites à Istriloculines** renferment de rares petits éléments bioclastiques et d'assez nombreux petits foraminifères benthiques parmi lesquels les Istriloculines (petits miliolidés à test mince) sont prépondérantes. Le milieu de dépôt est marin, très calme, très peu profond, médiolittoral, confiné à très confiné (*intertidal, very restricted*).

### 3.1.3. Les faciès à foraminifères pélagiques

Rencontrés seulement dans la partie sommitale de la série (formation La Luna et certains niveaux des coupes du Río Santo Domingo et du Río Calderas), il s'agit de micrites calcaires ou argilocarbonatées à foraminifères pélagiques et petits bioclastes plus ou moins abondants selon les cas. Ce faciès traduit des milieux de dépôt marins ouverts, relativement profonds, dans des environnements parfois anoxiques (dans ce cas, les foraminifères pélagiques sont de très petites dimensions et les bioclastes d'organismes benthiques pratiquement absents).

### 3.1.4. Conclusions

De cette revue rapide des faciès, trois conclusions se dégagent.

1. Les milieux de dépôt sont marins, mais dans l'immense majorité des cas marins ouverts, non confinés, calmes et relativement profonds (infralittoraux et surtout circolittoraux). Cette constatation rejoint l'interprétation proposée pour les faciès de transgression. Elle résulte principalement de l'analyse des bioclastes qui montre l'abondance et la quasi permanence des restes d'organismes sténothermes et sténohalins (échinides en particulier). La présence généralisée d'un ciment micritique et l'abondance habituelle des argiles impliquent de plus la présence de milieux de dépôts calmes, situés sous la *Fair Weather Wave Base* (FWWB) et probablement turbides dans bien des cas. Les traces d'émersion, qui existent sans être particulièrement fréquentes, affectent très souvent les faciès de transgression. Elles sont la preuve d'émersions postérieures aux dépôts, donc de variations relatives à court terme du niveau de la mer, mais n'attestent pas de dépôt dans des environnements peu profonds, médio- ou supralittoraux.

2. La plus grande partie des faciès rencontrés se rangent dans le groupe des faciès de transgression caractérisés par le remaniement des éléments, leur variété, la prépondérance dans les peuplements des bivalves, des échinides irréguliers et des grands foraminifères à test agglutiné : *Choffatelles* du Néocomien-Aptien inférieur, *Mésorbitolines* de l'Aptien supérieur-Albien inférieur. Cette prépondérance des remaniements explique bien la très grande monotonie des faciès rencontrée dans les coupes et surtout l'absence de variations latérales de faciès entre des coupes relativement distantes, par exemple celles de Curarigua et d'Arbol Redondo. Il en résulte que les carbonates de cette région du Vénézuéla se déposaient pendant les grandes transgressions qui ont plus ou moins largement recouvert les marges du bouclier guyanais. En conséquence, le modèle sédimentaire à adopter est celui des plates-formes noyées et non pas celui des plates-formes standard.

3. Les *grainstones*, extrêmement rares, s'observent dans des bancs peu épais qui représentent moins de 3 % des échantillons collectés, pourcentage supérieur à leur importance réelle dans la mesure où ces bancs ont été systématiquement échantillonnés. Toujours très bien classés, ils montrent parfois un granuloclassement vertical ou l'existence de fines laminations planes d'épaisseur millimétrique ou centimétrique, formées d'éléments souvent orientés parallèlement à la stratification. La faible ou très faible épaisseur de ces niveaux, leur intercalation dans des *mudstones-wackestones* déposés en milieux subtidaux relativement profonds, la grande diversité et le remaniement des éléments ne permettent pas de les comparer aux *grainstones* grossiers qui sont si fréquents sur les bordures des

plates-formes où ils traduisent l'existence de milieux agités, peu profonds et soumis à un hydrodynamisme constant. Par contre, l'absence d'usure mécanique des grains et leur mode de gisement impliquent au contraire qu'ils résultent d'un transport par des courants de tempêtes exceptionnelles (*tempestites*).

### 3.2. Les paraséquences

Les séquences constitutives des séries étudiées correspondent aux paraséquences dont la définition par Van Wagoner *et al.* [1988], a été reprise plus récemment par Bertram *et al.* [1996] : « *a parasequence is a relatively conformable succession of genetically related beds or bedsets bounded by marine-flooding surfaces and their correlative surfaces.* »

La plupart des paraséquences observées dans la région étudiée sont rythmiques, de type *shallowing-up*. Les paraséquences cycliques, beaucoup plus rares, rencontrées seulement au sommet des intervalles transgressifs, sont caractérisées par une partie basale *deepening-up* et une partie sommitale *shallowing-up*, souvent plus épaisse. En raison de la prépondérance des faciès de transgression, la plupart des paraséquences ont une organisation très voisine ; c'est la raison pour laquelle nous nous bornerons seulement à la description sommaire des plus significatives d'environnements particuliers. Nous y ajouterons celle d'une paraséquence mangrove-plage observée dans le niveau gréseux supérieur de la formation Peñas Altas.

#### 3.2.1. Les séquences rythmiques

##### a. Séquences d'intervalle transgressif (fig. 6)

D'épaisseur métrique à décimétrique, elles sont formées pour la plupart par des faciès de transgression, l'évolution progressive des milieux de dépôt entre la base et le sommet étant seulement soulignée par des variations de l'abondance et de la diversité des faunes. Ces séquences de transgression, généralement monotones, diffèrent surtout par les éléments constitutifs des faciès et par leur organisation rythmique ou cyclique. Leur surface terminale, qui correspond parfois à des *firm grounds* ou à des *hard grounds*, est souvent irrégulière, traduisant une érosion par des courants marins, précocément indurée (présence de perforations) et parfois couverte d'un enduit ferrugineux. Peu de paraséquences diffèrent de ce contexte monotone, mais leur intérêt nous conduit à en décrire certaines.

Exemple de la coupe de la Loma (Cerro Los Platones) : paraséquences basales de la séquence de dépôt 8 montrant l'importance des remaniements et la présence de milieux confinés à la base d'un intervalle transgressif.

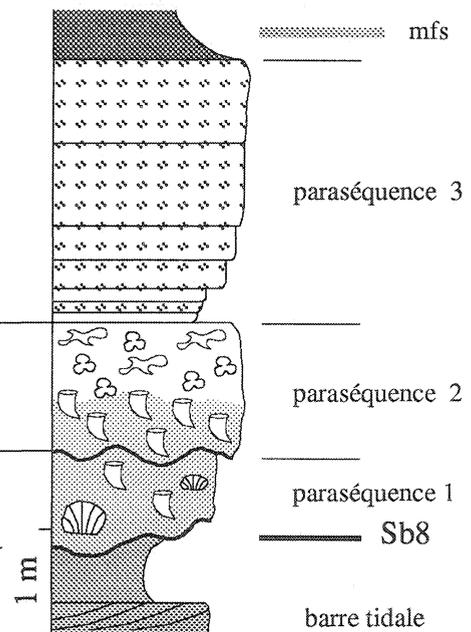


FIG. 6.— Les séquences *shallowing-up* des intervalles transgressifs. Exemple de la coupe du Cerro los Platonos (La Loma), base de l'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 8. L'intervalle transgressif comporte trois paraséquences stratocroissantes. Le remaniement des grès sous-jacents est important dans la première (dont le caractère marin peu profond est souligné par la présence de grosses colonies de madréporaires) et à la base de la seconde paraséquence constituée par des faciès à rudistes à la base et par un niveau à nombreux oncolides au sommet. La troisième, formée de faciès de transgression à éléments remaniés et fragments d'échinides irréguliers et de bivalves (huîtres), traduit déjà un approfondissement sensible des milieux de dépôt.

FIG. 6.— *Shallowing-up* parasequences in transgressive systems tracts (TST). Example : Cerro Los Platonos section, parasequence set of the depositional sequence 8 TST. This TST is made of three thickening-up parasequences : the first one is characterized by reworked silicoclastic sand and shallow marine corals, the second one by rudists communities overlaid by oncoid facies; the third one corresponds to transgressive facies showing reworked clasts, irregular echinids and oysters. Environments are deeper from the bottom to the top of this parasequence set.

La première paraséquence, épaisse de 0,80 à 1,20 m, débute au-dessus d'une surface de ravinement très importante. Elle est constituée par des grès remaniés à ciment calcaire surmontés progressivement par des calcaires gréseux contenant quelques gros rudistes et des colonies de madréporaires. Cette séquence caractérise l'invasion de la mer sur une surface exondée, avec le remaniement des grès altérés sous-jacents et la présence de milieux marins ouverts et peu profonds. Le sommet de la séquence est inconnu en raison de l'émergence probable et de l'érosion correspondante illustrée par la présence d'une surface sommitale très irrégulière.

La deuxième paraséquence, épaisse d'environ 1,6 m, débute également au-dessus d'une surface profondément ravinée. Elle est formée, à la base, par des calcaires légèrement gréseux à nombreux rudistes qui passent progressivement vers le haut à des calcaires à oncolites. Les grains de quartz disparaissent rapidement vers le milieu de la séquence. De nombreux *Spongeliomorpha* s'observent dans la partie terminale. Cette séquence de comblement (*shallowing-up*) montre bien le passage de milieux marins subtidaux peu profonds et déconfinés à des milieux intertidaux confinés. L'émergence probable en haut de séquence n'est probablement que très

temporaire car la surface sommitale ne semble pas montrer de ravinement ou de traces de dissolution. Le remaniement des grains de quartz est peu important à la base et disparaît rapidement vers le haut de cette deuxième séquence de l'intervalle transgressif.

L'émergence au sommet des premières paraséquences de l'intervalle transgressif est un phénomène relativement banal, mais souvent difficile à mettre en évidence lorsque les conditions d'affleurement ne sont pas excellentes. Tel est le cas au-dessus de la limite de séquence de dépôt Sb8 le long de la route de Torococo. En ce point le paléokarst, dont les cavités profondes de plus de 50 cm affectent les calcaires du sommet de la séquence de dépôt 7, est rempli et surmonté par une première paraséquence de l'intervalle transgressif, épaisse localement d'une dizaine de centimètres et constituée de micrites à Mésorbitolines. L'émergence du

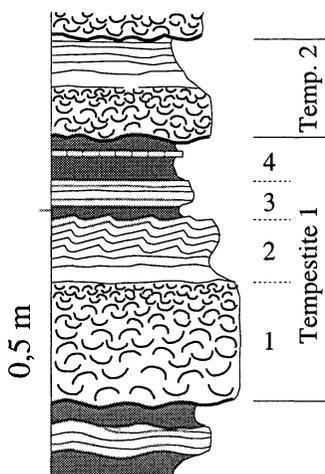


FIG. 7.— Les séquences de tempêtes. Exemple de la coupe du Cerro Agua Dulce, séquence de dépôt 2. Les marnes sont en gris. Pour les numéros, se reporter au texte.

FIG. 7.— *Tempestites from the Cerro Agua Dulce section, depositional sequence 2. See text for numbers.*

sommet de cette première paraséquence transgressive est soulignée par la présence de racines qui s'observent sur plusieurs dizaines de centimètres de profondeur et affectent à la fois cette séquence et le remplissage des cavités du paléokarst. Ces moulages de racines montrent un double remplissage, le premier de couleur rouille, probablement ankéritique, le second de calcite en mosaïque.

#### b. Séquences de tempêtes (tempestites) (fig. 7)

Elles sont caractérisées par une épaisseur décimétrique, par une surface basale ravinante et par un granoclassement vertical. La coupe de San Pedro (Cerro Agua Dulce) en montre de beaux exemples au voisinage du maximum de transgression de la séquence de dépôt 2. L'une d'entre elles montre de bas en haut, au-dessus de la surface basale ravinante :

- 1) une accumulation granoclassée de petites valves de *Ceratostreon*,
- 2) un niveau à fines lamines ondulées (ripples),
- 3) un niveau de calcaire argileux à lamines sub-parallèles,
- 4) des marnes et un petit banc calcaire d'épaisseur centimétrique.

Le transport par des courants de tempêtes de vitesse décroissante se traduit bien par l'enchaînement suivant : surface d'érosion basale, niveau granoclassé à coquilles transportées, lamines à ripples et lamines planes sommitales. D'une manière plus générale, les seuls grainstones rencontrés dans les coupes de l'Aptien semblent correspondre à des accumulations de tempête, même si le ravinement basal ou le granoclassement ne s'observent pas clairement à l'affleurement.

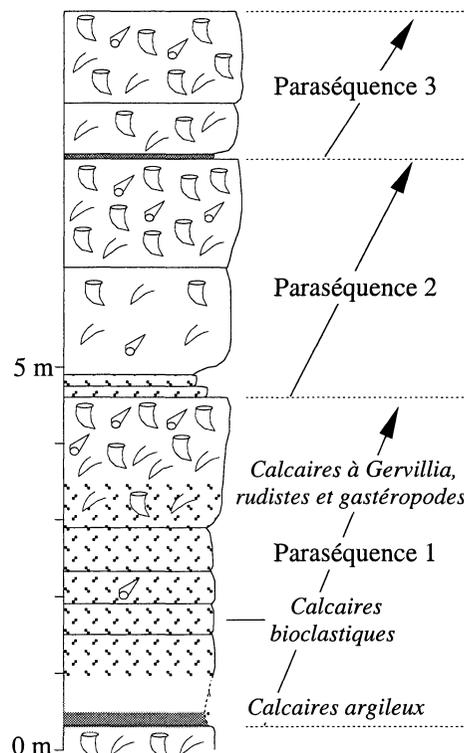


FIG. 8.— Les séquences *shallowing-up* des prismes de haut niveau. Exemple de la coupe du Cerro el Cocuy (Curarigua), séquence de dépôt 2. Notez le caractère stratodécroissant des paraséquences dans le prisme de haut niveau (les faciès à rudistes n'existent que vers l'extérieur de la plate-forme).

FIG. 8.— *Typical thinning-up and shallowing-up parasquences of highstand systems tracts (HST): example from the Cerro el Cocuy (Curarigua) section, depositional sequence 2. Note that rudists are only present on the outer part of the shelf.*

#### c. Séquence de prisme de haut niveau (fig. 8)

Les séquences qui sont les plus semblables à celles des calcaires urgoniens de la Téthys orientale s'observent dans la région de Curarigua où elles appartiennent à un ensemble stratodécroissant du prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 3. D'une épaisseur de 2 à 4 m, elles montrent de bas en haut :

- 1) des wackestones-packstones à nombreux bioclastes, foraminifères benthiques, fragments d'hydrozoaires et rares gastéropodes,
- 2) des wackestones riches en gastéropodes et débris recristallisé de grands bivalves dans lesquelles apparaissent des colonies de *Gervillia*, puis de *Gervillia* et rudistes,
- 3) des wackestones très riches en rudistes (*requieniids* et *Toucasia*) et gastéropodes (dont de grandes Nérinées) accompagnant encore quelques *Gervillia*.

En résumé, ces séquences sont caractérisées d'abord par des sédiments fins péloïdaux et bioclastiques, puis par le développement des colonies de *Gervillia* suivi par celui des communautés à rudistes. Elles ne traduisent

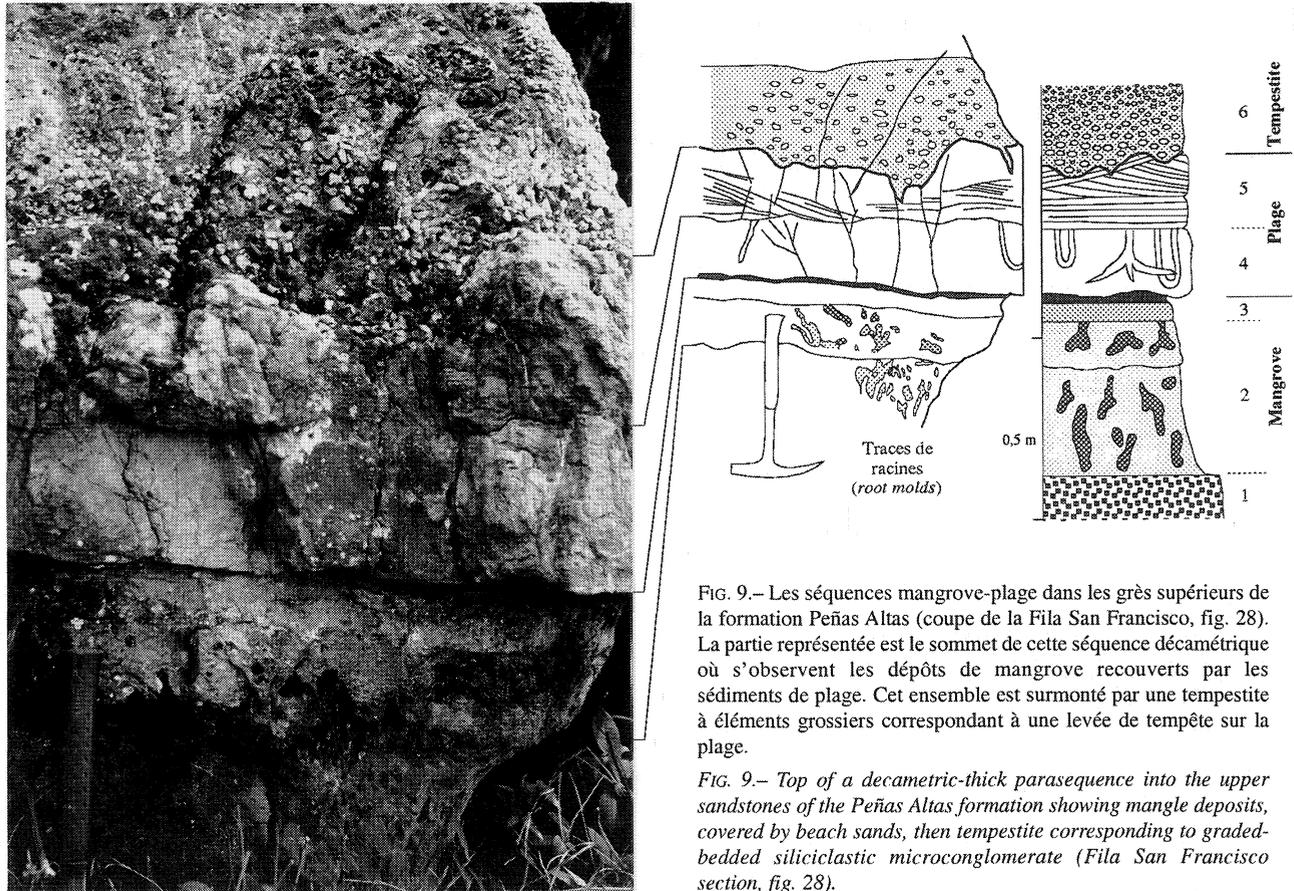


FIG. 9.— Les séquences mangrove-plage dans les grès supérieurs de la formation Peñas Altas (coupe de la Fila San Francisco, fig. 28). La partie représentée est le sommet de cette séquence décamétrique où s'observent les dépôts de mangrove recouverts par les sédiments de plage. Cet ensemble est surmonté par une tempestite à éléments grossiers correspondant à une levée de tempête sur la plage.

FIG. 9.— Top of a decametric-thick parasequence into the upper sandstones of the Peñas Altas formation showing mangrove deposits, covered by beach sands, then tempestite corresponding to graded-bedded siliciclastic microconglomerate (Fila San Francisco section, fig. 28).

pas l'existence de milieux faiblement confinés mais de milieux marins protégés, pratiquement normaux. Par ces caractères, elles sont très semblables notamment à celles qui existent sur la bordure de la plate-forme urgonienne dans le Vercors méridional. Par contre, elles sont très rares plus au sud de la région de Lara-Trujillo où la plupart des séquences des prismes de haut niveau sont constituées par des faciès monotones proches des faciès de transgression.

d. Séquence de mangrove-plage dans les dépôts silicoclastiques (fig. 9)

Les grès supérieurs de la formation Peñas Altas (coupe de la Fila San Francisco près de San Pedro, fig. 28) montrent de bas en haut les niveaux suivants au sommet d'une barre massive :

- 1) sommet d'un banc de grès massifs, assez grossiers, bien classés ;
- 2) deux bancs de grès fins, bicolores, mal classés, à petits fragments de coquilles, bioturbations et traces de grosses racines ; cet ensemble correspond à des dépôts de mangrove ;
- 3) 5 cm de grès fins, puis un petit niveau pélitique noir représentant probablement des dépôts de mangrove et un premier envahissement par la mer ;
- 4) un banc de grès fins à terriers d'*Arenicolites* et traces de racines (*Rhizophora*) ;

5) un banc de grès fins bien classés avec des laminations planes à la base et des laminations obliques entrecroisées au sommet. Ces deux derniers niveaux traduisent la progradation d'un système de plage sur la mangrove.

Cette séquence est surmontée par une surface de ravinement au-dessus de laquelle s'observent des grès microconglomératiques granoclassés correspondant à un dépôt de tempête (6, fig. 9). Elle confirme la présence de mangroves dont l'existence était supposée dans ces dépôts par Bartok *et al.* [1981].

### 3.2.2. Séquences cycliques

D'une manière générale, ces séquences cycliques s'observent dans la partie sommitale des intervalles transgressifs (*late TST*) ; elles sont toujours plus calcaires à la base et au sommet, alors que la partie médiane, où se situe le maximum d'approfondissement est beaucoup plus marneux. Des séquences de ce type, très utiles pour l'interprétation des intervalles transgressifs, s'observent aussi bien dans l'Aptien inférieur (coupes d'Arbol Redondo, fig. 10, et de Jabón par exemple) que dans les niveaux à Mésorbitolines de l'Aptien supérieur (coupe de la route La Pastora-Jabón).

Dans la séquence de dépôt 4 de la coupe de Jabón (piste de San Pedro, fig. 18) l'une des séquences cycliques, épaisse de 3,8 m débute au-dessus d'une

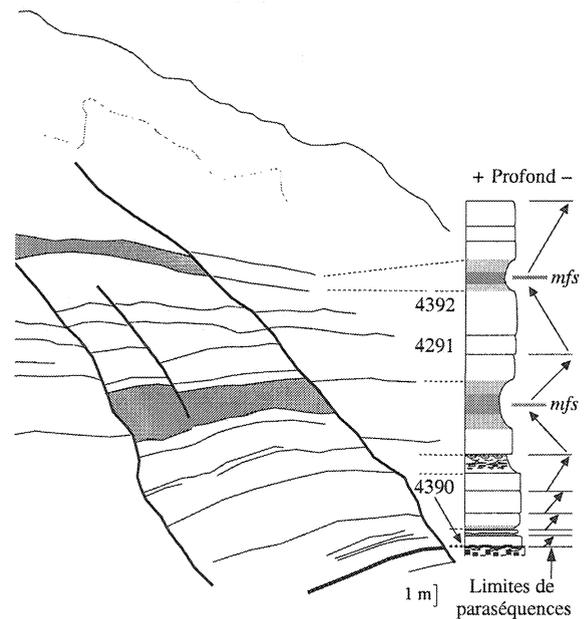


FIG. 10.— Les séquences cycliques. Exemple de la coupe d'Arbol Redondo, intervalle transgressif de la séquence de dépôt 4. Hormis le sommet de la première parasequence, qui est gréseuse, tous les bancs représentés sont carbonatés. Les marnes sont en gris, les plus sombres étant les plus argileuses. Noter le passage des parasequences rythmiques aux parasequences cycliques et leur disposition stratocroissante. Remarquer l'importance de la schistosité.

FIG. 10.— Cyclic parasequences: example from the Arbol Redondo section, transgressive systems tract of the depositional sequence 4. Except for the first one, which is siliciclastic, parasequences correspond to carbonate deposits. Grey color corresponds to marls, and dark grey to more clayey intervals. Note the vertical change from rhythmic to cyclic parasequences and their general thickening-up disposition.

limite inférieure couverte d'un enduit ferrugineux (*hard ground*) et comporte les niveaux suivants, de bas en haut :

- 1) des calcaires argileux très riches en petites coquilles remaniées de bivalves,
- 2) des marnes à oursins irréguliers et bivalves endobiontes,
- 3) des calcaires argileux légèrement bioclastiques à petits fragments de bivalves,
- 4) des calcaires gréseux micacés à très nombreuses coquilles non transportées de petits *Ceratostreon*.

L'aspect cyclique de la séquence est illustré par l'abondance des coquilles en place ou transportées de bivalves épibiontes à la base et au sommet (niveaux 1 et 4) et par un maximum d'approfondissement souligné par les oursins irréguliers et les bivalves endobiontes du niveau 2.

#### 4. — LA FORMATION PEÑAS ALTAS DANS LE SECTEUR LARA-TRUJILLO

Dans cette région, la formation Peñas Altas, d'épaisseur plurihectométrique et principalement gréseuse (fig. 11), repose en discordance soit sur le Jurassique (Jurassique supérieur?) appartenant à la formation La Quinta, soit sur du Paléozoïque (formation Mucuchachí). Quatre niveaux calcaires principaux

d'épaisseur pluridécamétrique s'y observent, mais il existe aussi deux ou trois intercalations calcaires d'épaisseurs métriques dans la partie supérieure, d'âge albien, des grès de la formation Peñas Altas (fig. 12).

Le niveau calcaire basal appartenant à la séquence de dépôt 1 est situé à quelques dizaines de mètres au plus du contact basal de cette formation ; il n'a pas fait l'objet d'étude détaillée, mais a été observé en deux points :

- le long de la route Flor de Patria-Bocono, près d'Arbol Redondo, où il est épais de 20 à 30 m (en ce point les grès de base de la formation Peñas Altas sont discordants sur la formation La Quinta),
- le long de la route Mitón-Bolivia, plus au nord, où la base de la formation Peñas Altas repose sur la formation Mucuchachí.

Le niveau calcaire inférieur, épais d'environ 200 m, est continu à l'échelle régionale. Très massif au sud dans la région d'Arbol Redondo, il devient progressivement plus argileux vers le nord, en direction du bassin. Quatre séquences de dépôt s'y reconnaissent (séquences de dépôt 2 à 5) et se corrèlent assez bien à l'échelle



FIG. 11.— Vue partielle de la formation Peñas Altas le long de la Quebrada de Porras, sous le Paramo de los Capuchinos (au sud-est de San Pedro, entre Barbacoas et Humocaro Bajo). Les grès massifs correspondent à des falaises séparées par des replats dus à la présence de pélites, de marnes, de grès fins en petits bancs et de calcaires. Ces replats correspondent au sommet des intervalles transgressifs et à la base des prismes de haut niveau. L'épaisseur est supérieure à 1000 m entre le fond de la vallée et le sommet.

FIG. 11.— Partial view of the Peñas Altas formation along the Quebrada de Porras (Paramo de los Capuchinos section), south-east from San Pedro, in between Barbacoas and Humocaro Bajo. Massive sandstone cliffs (basal part of TST and upper part of HST) are separated by more flattened clayey or carbonate intervals (upper part of TST, mfs and lower part of HST). Series is more than 1000 m thick.

régionale grâce à l'examen des coupes d'Arbol Redondo à l'est de Trujillo, de Jabón le long de la piste de San Pedro, du Cerro Agua Dulce au-dessous de San Pedro, du Cerro Los Curaries et du Cerro el Cocuy au nord de Curarigua, et de la Loma entre Curarigua et El Tocuyo (fig. 2). La limite de séquence de dépôt Sb2 se situe dans l'intervalle gréseux basal de la formation Peñas Altas car le passage est progressif entre les grès et les calcaires sus-jacents. Pour la même raison (passage progressif entre les carbonates et les grès dans le prisme de haut niveau de la séquence 5), la limite de séquence de dépôt Sb6 se localise à l'intérieur du niveau gréseux médian de la formation Peñas Altas.

*Le niveau calcaire supérieur*, épais de 60 m au plus, très discontinu et très variable dans le détail à l'échelle régionale, est inclus dans les deux séquences de dépôt 7 et 8. Les orbitolines sont particulièrement abondantes dans la partie inférieure (intervalle transgressif de la séquence de dépôt 7) ; connu depuis longtemps, constituant la zone à *Orbitolina texana* de Smith [1951], ce niveau renferme une riche association de *Mesorbitolina texana*, *Mesorbitolina pervia* et *Mesorbitolina ovalis* [Görog et Arnaud-Vanneau, 1996 ; Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1997]).

*Le niveau calcaire terminal*, très argileux et renfermant de riches associations de bivalves, constitue le membre La Puya de Renz [1959, 1968]. Il sera détaillé dans le paragraphe consacré à la formation La Luna (§5) à laquelle il passe progressivement vers le haut.

#### 4.1. Le niveau calcaire basal (séquence de dépôt 1)

Ce niveau a été observé le long de la route Flor de Patria-Bocono, aux alentours d'Arbol Redondo (fig. 13). En ce point, la base de la formation Peñas Altas surmonte les couches rouges de la formation La Quinta ; elle est formée par 10 à 20 m de microconglomérats à nombreux éléments remaniés puis de grès surmontés par un premier niveau calcaire d'épaisseur pluri-décamétrique. À la base, les calcaires renferment quelques coquilles d'huîtres, montrent une disposition d'ensemble stratodécroissante et s'enrichissent progressivement en argiles vers le haut jusqu'à un mince niveau marneux riche en oursins irréguliers. Au-dessus, les calcaires sont disposés en bancs stratocroissants sur une dizaine de mètres avant de passer progressivement à des grès à ciment calcaire, puis à des grès massifs. Les

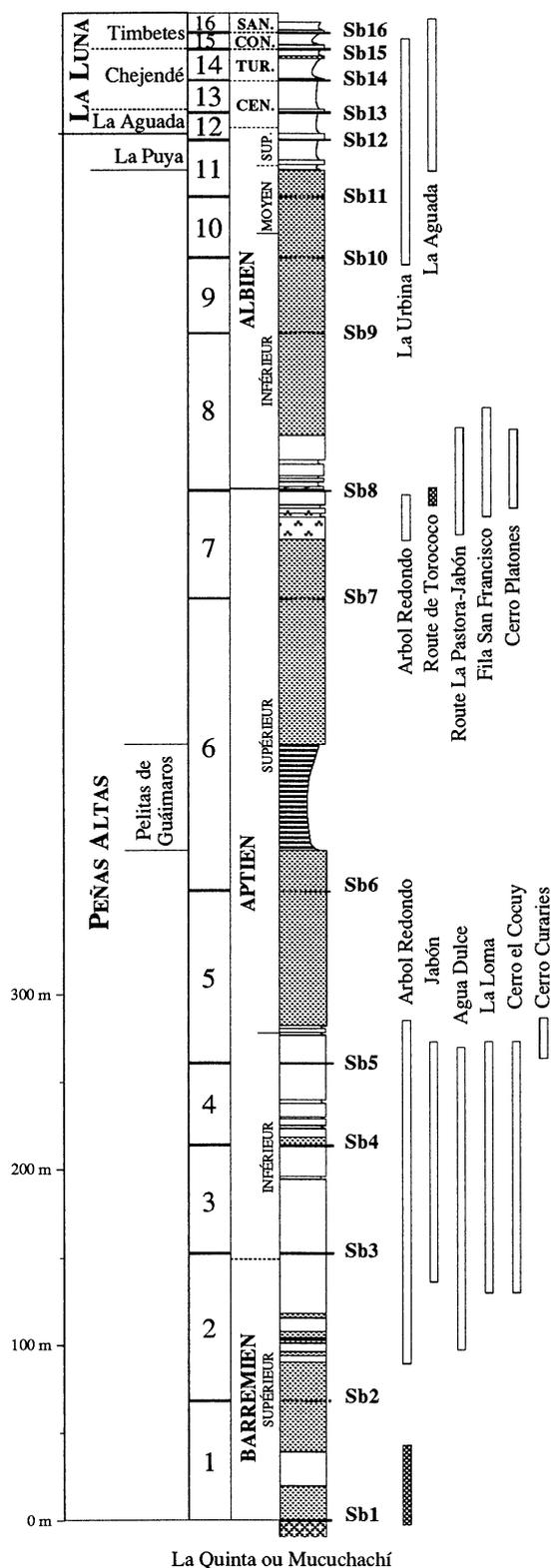


FIG. 12.- Colonne stratigraphique synthétique des formations Peñas Altas et La Luna dans le secteur Lara-Trujillo. Carbonates en blanc, grès en pointillés. Les rectangles soulignent la localisation des coupes étudiées (en gris les coupes visitées qui n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée).

FIG. 12.- Schematic stratigraphic section of the Peñas Altas and La Luna formations in the Lara-Trujillo region. Carbonate deposits are white and sandstone dotted. Small rectangular area correspond to measured sections (greyish rectangle: sections only visited).

microconglomérats, les grès et les calcaires disposés en paraséquences stratodécroissantes (*thinning-up*) correspondent à l'intervalle transgressif, les marnes à oursins irréguliers au maximum de transgression (*maximum flooding surface* = mfs) et les calcaires en paraséquences stratocroissantes puis les grès au prisme de haut niveau d'une seule séquence de dépôt (séquence de dépôt 1) caractérisée d'emblée par des milieux marins ouverts en raison de l'abondance des oursins irréguliers au niveau de la mfs.

#### 4.2. Le niveau calcaire inférieur (séquences de dépôt 2 à 5)

Plusieurs coupes ont été levées entre Trujillo et Curarigua dans ce niveau qui paraît continu à l'échelle régionale. Les plus complètes sont celles de l'Arbol Redondo, le long de la route Flor de Patria-Bocono (fig. 14), et du Cerro Agua Dulce près de San Pedro (fig. 17). Les autres (Jabón, La Loma, Cerro el Cocuy, Cerro los Curaríes, fig. 18, 20, 22 et 23) permettent à la fois de détailler les corrélations et de préciser les variations de faciès dans toute la région étudiée.

##### 4.2.1. La coupe d'Arbol Redondo

Cette très belle coupe, levée le long de la route à environ 2200 m d'altitude, est presque complète car les failles qui l'affectent ne paraissent pas avoir un rejet très important. Elle débute au sommet des grès inférieurs de la formation Peñas Altas qui renferment plus bas les calcaires appartenant à la séquence de dépôt 1 (§ 4.1).

##### La séquence de dépôt 2

La limite de séquence de dépôt Sb2 est localisée dans les grès situés au-dessous du début de la coupe. L'intervalle transgressif est représenté par des grès, des grès à ciment calcaire et des calcaires, l'importance des premiers décroissant vers le haut alors que celle des derniers augmente vers le haut. Il en résulte que la base est uniquement gréseuse alors que le sommet est constitué principalement par des bancs calcaires massifs. Le premier banc calcaire est situé au-dessous de l'échantillon 4364. Au-dessus, les bancs calcaires, généralement peu épais, sont intercalés dans des grès ou des calcaires gréseux séparés par des intervalles pélitiques ou silteux. Les figures de charge sont souvent présentes à la base des bancs gréseux ou calcaires. Les environnements sont peu profonds et probablement marins dès les premiers bancs en raison de la présence de *flaser* et de terriers de *Thalassinoides*. Les calcaires, micritiques, sont très pauvres en bioclastes mais renferment quelques *Choffatella* dès le niveau 4364. Vers le haut le nombre et la diversité des bioclastes augmente, tandis que les premières huîtres transportées apparaissent au-dessus du niveau 4366 (fig. 14). D'un point de vue général le passage est très progressif entre

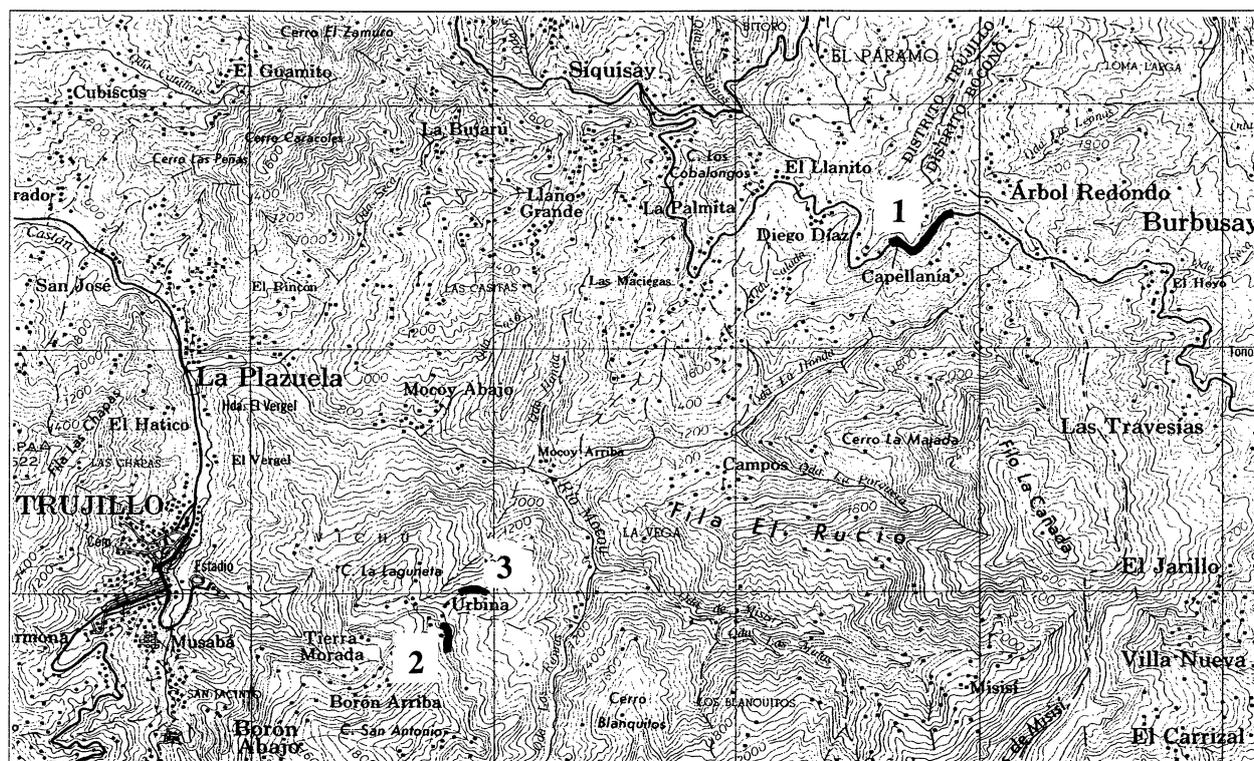


FIG. 13.— Localisation géographique des coupes de la région de Trujillo. 1, coupe de Arbol Redondo ; 2, coupe de la Urbina sud ; 3, coupe de La Urbina nord.

FIG. 13.— Detailed location of measured sections in the Trujillo region. 1, Arbol Redondo ; 2, La Urbina south ; 3, La Urbina north.

les grès inférieurs de la formation Peñas Altas et les carbonates sus-jacents, ce qui conduit des séquences pélites-grès à des séquences pélites-calcaire-grès ou calcaire gréseux, puis à des séquences pélites ou marnes-calcaires. Le remplacement progressif de la sédimentation détritique terrigène par des dépôts carbonatés implique en outre la rétrogradation du système sédimentaire détritique, confirmant ainsi l'interprétation en intervalle transgressif pour cet empilement basal de paraséquences. Le maximum de transgression n'est pas précisément localisé en raison de la présence d'une faille, mais pourrait se situer au niveau d'une alternance de marnes et de calcaires argileux à rares huîtres. Au-dessus, le prisme de haut niveau est constitué par un ensemble de paraséquences stratocroissantes (*thickening up*) et bathydécroissantes (*shallowing-up*), déposées dans des environnements circa- à infralittoraux à la base et infra- à médiolittoraux, voire supralittoraux, au sommet ; elles sont formées :

– à la base, par des marnes ou des calcaires micritiques bioclastiques à Dasycladales, débris d'échinides irréguliers, fragments de coquilles de bivalves et gastéropodes, rares foraminifères benthiques,

– au sommet, par des calcaires micritiques massifs, parfois dolomitiques, renfermant souvent d'assez nombreux nodules calcitiques, de dimensions pluricentimétriques et de forme irrégulière (fig. 5). Leur origine est énigmatique, car ils sont à la fois différents

des nodules évaporitiques (*chicken wires*) ou des rhizoconcrétions, mais il est clair qu'ils traduisent des milieux plus confinés, peut-être même anoxiques. Quoiqu'il en soit, ces nodules peuvent servir de repère régional car ils ont été reconnus à l'Aptien inférieur jusque dans certains sondages de la région de Maracaibo.

La dernière paraséquence se termine par des calcaires gréseux, soulignant la progradation des dépôts détritiques terrigènes.

#### *La séquence de dépôt 3*

La limite de séquence de dépôt Sb3 correspond à une surface de ravinement entre les calcaires gréseux sous-jacents, très altérés, et de petits bancs calcaires marins, très riches en coquilles d'huîtres remaniées. La séquence de dépôt 3 débute par un intervalle transgressif, particulièrement typique par la superposition de paraséquences à base ravinante, stratocroissantes (*thickening-up*) dans la partie inférieure, puis stratodécroissante (*thinning-up*) dans la partie supérieure. A la base, les premières paraséquences, peu épaisses, correspondent à des milieux très riches en huîtres, caractérisés par des populations où toutes les classes (notamment juvénile et adulte) sont présentes. Elles sont surmontées par des paraséquences *shallowing-up*, progressivement plus épaisses, constituées de calcaires argileux ou de marnes

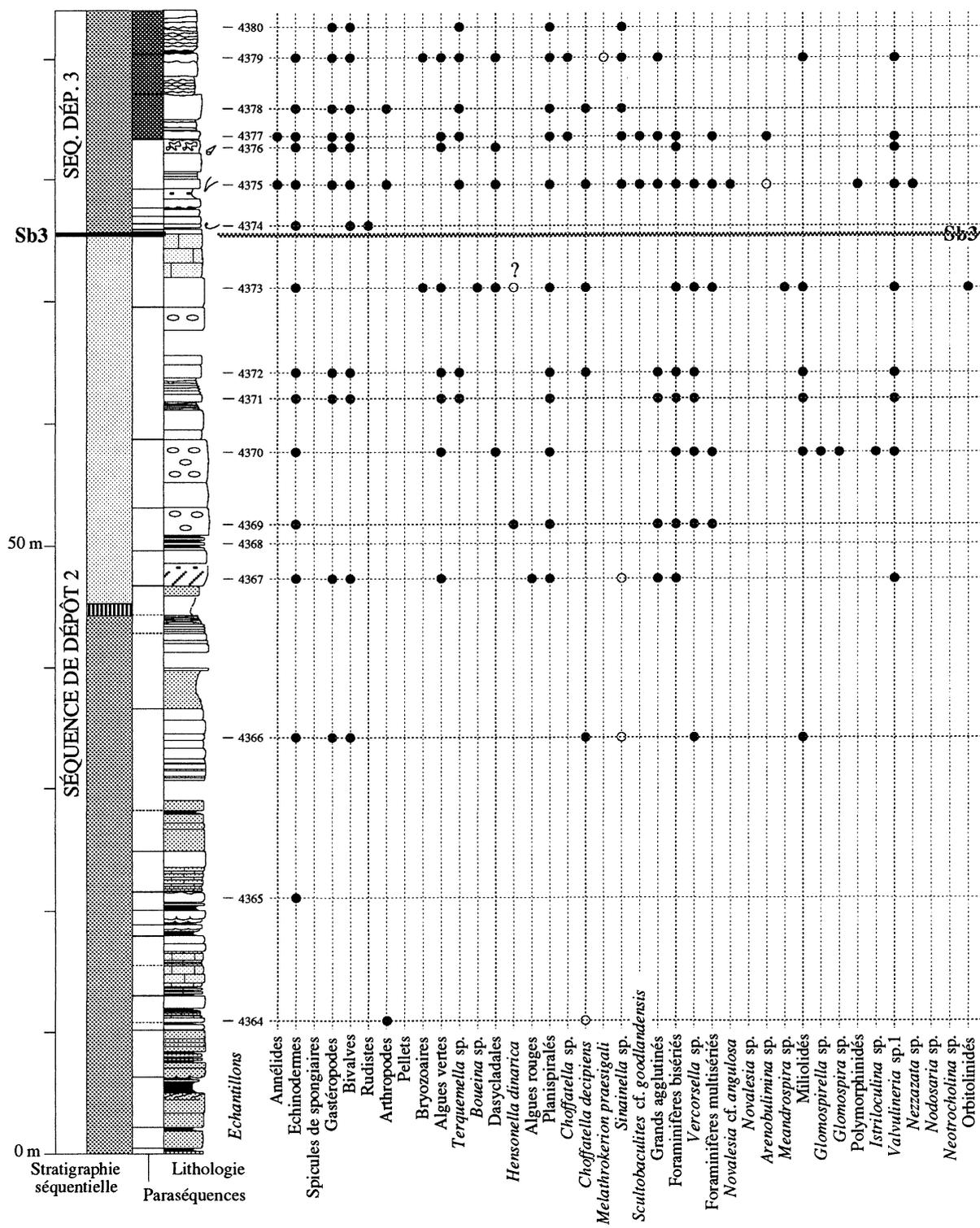


FIG. 14.— Coupe d'Arbol Redondo : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Les paraséquences cycliques sont en gris dans la colonne correspondante. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 13 et 50.

FIG. 14.— Arbol Redondo section: repartition of foraminifers and bioclasts. Cyclic parasequences are represented by dotted areas in the corresponding column. Location of the section and legend: see figures 13 and 50.





FIG. 15.— Coupe d'Arbol Redondo : remplissage de chenal dans l'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 3 (intervalle 4383-4384, voir fig. 14). Remarquer l'importance de la schistosité.

FIG. 15.— Arbol Redondo section: channel infilling in TST of the depositional sequence 3 (4283-4384 level, see figure 14).

surmontés par des calcaires plus ou moins fortement bioturbés, parfois terminés par un niveau à *Spongiomorpha* et renfermant à l'occasion de petits rudistes ou des Nérinées, notamment *Diptyxis euphyes* (FELIX). Au sommet, les paraséquences sont plus épaisses, de type cyclique, à base plus ou moins fortement ravinante ; elles correspondent souvent à des remplissages de grands chenaux décamétriques (fig. 15). Leur partie basale est souvent formée par des calcaires argileux d'aspect noduleux, éventuellement riches en *Choffatella*, alors que le sommet est généralement constitué par des calcaires biomicritiques à nombreux débris de gastéropodes, bivalves et autres organismes. Le maximum de transgression a été placé au niveau d'une petite paraséquence très argileuse située au sommet des paraséquences cycliques. Le prisme de haut niveau est constitué par quelques paraséquences plus calcaires, parfois massives, dont certaines renferment des *Spongiomorpha*. Le dernier banc massif, presque azoïque, riche en gros nodules calcitiques irréguliers, traduit une sédimentation dans des milieux probablement confinés. Du point de vue des peuplements, les milieux à Ostréidés sont particulièrement développés à la base du TST ; au-dessus, les paraséquences de la base du TST renferment une grande abondance de *Choffatella* et des peuplements relativement diversifiés tandis que ceux de la partie supérieure le sont moins en raison de l'approfondissement des milieux de dépôt, souligné par la présence de *Nodosaria*. Le HST est

marqué non seulement par l'appauvrissement très rapide des peuplements, mais aussi par la disparition de nombreux taxons, notamment les *Choffatella*.

#### La séquence de dépôt 4

L'intervalle transgressif est constitué, au-dessus d'un niveau de calcaire gréseux à *Thalassinoides* et gros intraclastes calcaires, par deux ensembles de paraséquences : le premier comporte quelques paraséquences rythmiques de comblement de chenaux, déposées dans un environnement marin relativement peu profond (remaniements de *flat pebbles* ou de populations d'huîtres) ; le second correspond à des paraséquences cycliques stratocroissantes, d'épaisseur plurimétrique (fig. 10). Les terriers de *Thalassinoides* sont très fréquents. Le maximum de transgression a été localisé à la base, marneuse, de la première paraséquence rythmique surmontant l'ensemble des paraséquences cycliques du sommet de l'intervalle transgressif. Le prisme de haut niveau est formé par six paraséquences rythmiques *shallowing-up*. Les deux premières sont constituées principalement par des micrites calcaires finement bioclastiques, la troisième se termine par des micrites presque azoïques à nombreux *Spongiomorpha* [discussion taxinomique dans Bromley, 1996], les deux suivantes sont dominées par les micrites à *Spongiomorpha* et la dernière, qui renferme de rares *Gervillia* en position de vie, des huîtres remaniées et quelques rudistes à la base, se termine par deux petits bancs de calcaires dolomitiques

silteux à patine orange. Des *Melathrokerion* sont présents dans plusieurs bancs du prisme de haut niveau.

#### La séquence de dépôt 5

La limite de séquence de dépôt Sb5 est une surface d'érosion très irrégulière qui correspond probablement à un paléokarst. La séquence comporte un intervalle transgressif très calcaire, constitué par 6 ou 7 paraséquences qui soulignent dans l'ensemble l'approfondissement des milieux de dépôt. En effet, les premières paraséquences sont formées par des biomicrites grises passant vers le haut à des micrites azoïques, puis à des micrites à *bird's eyes* caractéristiques des milieux médio- à supralittoraux (au sommet de la deuxième séquence s'observe un niveau de *flat pebbles* formés au détriment de micrites à *bird's eyes*). Au-dessus, les paraséquences sont formées surtout de pelbiomicrites à fragments d'échinodermes et de bivalves (notamment *Gervillia*) déposées dans des milieux marins infralittoraux, beaucoup plus ouverts (des huîtres apparaissent vers le haut de cette succession). Les paraséquences sommitales, très peu épaisses, correspondent à des accumulations de *flat pebbles* et d'intraclastes micritiques, probablement en remplissages de chenaux. Le maximum de transgression a été fixé au sommet de cet intervalle remanié. Le prisme de haut niveau est caractérisé, à la base, par l'alternance de marnes silteuses et de calcaires gréseux, marquant ainsi le retour progressif à une sédimentation de plus en plus détritique. Au-dessus, le sommet du HST, qui constitue la base de l'ensemble gréseux médian de la formation Peñas Altas, est formé de paraséquences épaisses de grès massifs, en bancs plurimétriques, dont l'épaisseur totale est d'au moins 80 m.

En conclusion, la coupe d'Arbol Redondo est caractérisée par sa grande épaisseur, le grand développement des paraséquences calcaires, l'absence de colonies de rudistes ou de *Gervillia* (comme c'est aussi le cas pour les coupes du Cerro Agua Dulce et de Jabón), la présence de faciès ou d'indices de milieux de dépôt médio- à supralittoraux très peu profonds, parfois confinés, et le remarquable développement des séquences typiques des intervalles transgressifs avec des séquences rythmiques à la base et des séquences cycliques au sommet. Sur un plan plus général, cet ensemble calcaire constitue tout ou partie de quatre séquences de dépôt qui soulignent l'existence d'une période transgressive majeure du Barrémien terminal ? – Aptien inférieur. Dans ce contexte, le maximum d'approfondissement s'observe dans la séquence de dépôt 3 où se rencontrent quelques rares *Nodosaria* et Polymorphinidés.

#### 4.2.2. Coupe du Cerro Agua Dulce (San Pedro)

Cette coupe du niveau calcaire inférieur est presque complète, bien que la plupart des niveaux pélitiques ou marneux affleurent très mal en raison de la végétation ;

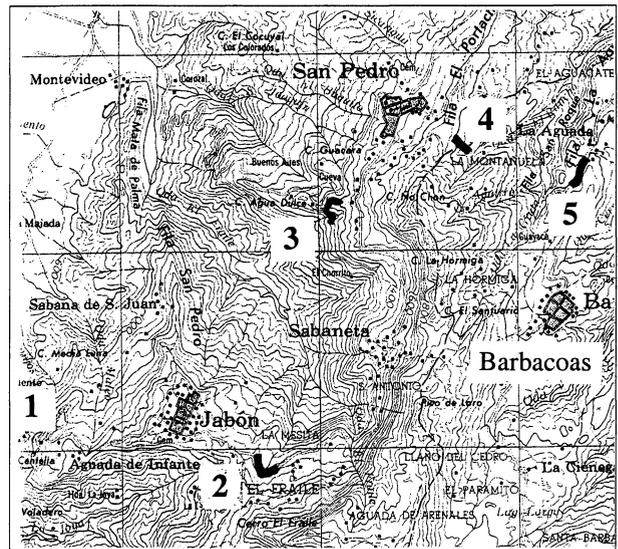


FIG. 16.— Localisation géographique des coupes de la région de Jabón, San Pedro et Barbacoas. 1, coupe de la route La Pastora-Jabón ; 2, coupe de Jabón, piste de San Pedro ; 3, coupe du Cerro Agua Dulce ; 4, coupe de la Fila San Francisco ; 5, coupe de La Aguada.

FIG. 16.— Detailed location of measured sections in the Jabón, San Pedro and Barbacoas region. 1, La Pastora-Jabón road; 2, Jabón, San Pedro track; 3, Cerro Agua Dulce; 4, Fila San Francisco; 5, La Aguada.

elle a été levée le long de la ligne de plus grande pente du Cerro Agua Dulce, environ 2 km au sud-ouest de San Pedro, non loin de la route qui descend de ce village à l'Hacienda El Amparo dans la plaine de La Pastora. Les trois petites falaises calcaires, qui forment de nets ressauts morphologiques et qui constituent l'essentiel des prismes de haut niveau, ressortent bien dans la topographie et peuvent servir de repères régionaux (fig. 17).

La séquence de dépôt 2 débute dans les grès inférieurs de la formation Peñas Altas. Au-dessus, les carbonates, extrêmement épais (près de 95 m au total), se subdivisent en deux parties de puissance inégale.

L'intervalle transgressif, visible sur 70 m d'épaisseur environ au-dessus des grès, est formé par des pélites, des marnes, des calcaires gréseux et des calcaires en petits bancs, qui déterminent un replat très net couvert de végétation. Les premières paraséquences sont formées par des niveaux pélitiques ou marneux surmontés par des grès à ciment calcaire ou des calcaires argileux renfermant quelques bivalves et gastéropodes. Dans les paraséquences sus-jacentes les pélites dominent, mais quelques bancs de grès grossiers s'observent encore. Au niveau de la piste, les séquences sont constituées essentiellement par des marnes à Choffatelles et à bivalves plus ou moins nombreux (dont *Isocardia*) et par de petits bancs de calcaires argileux bioclastiques à nérinées, notamment *Teleoptyxis galatea* (COQUAND). Le maximum de transgression (mfs), situé au sommet

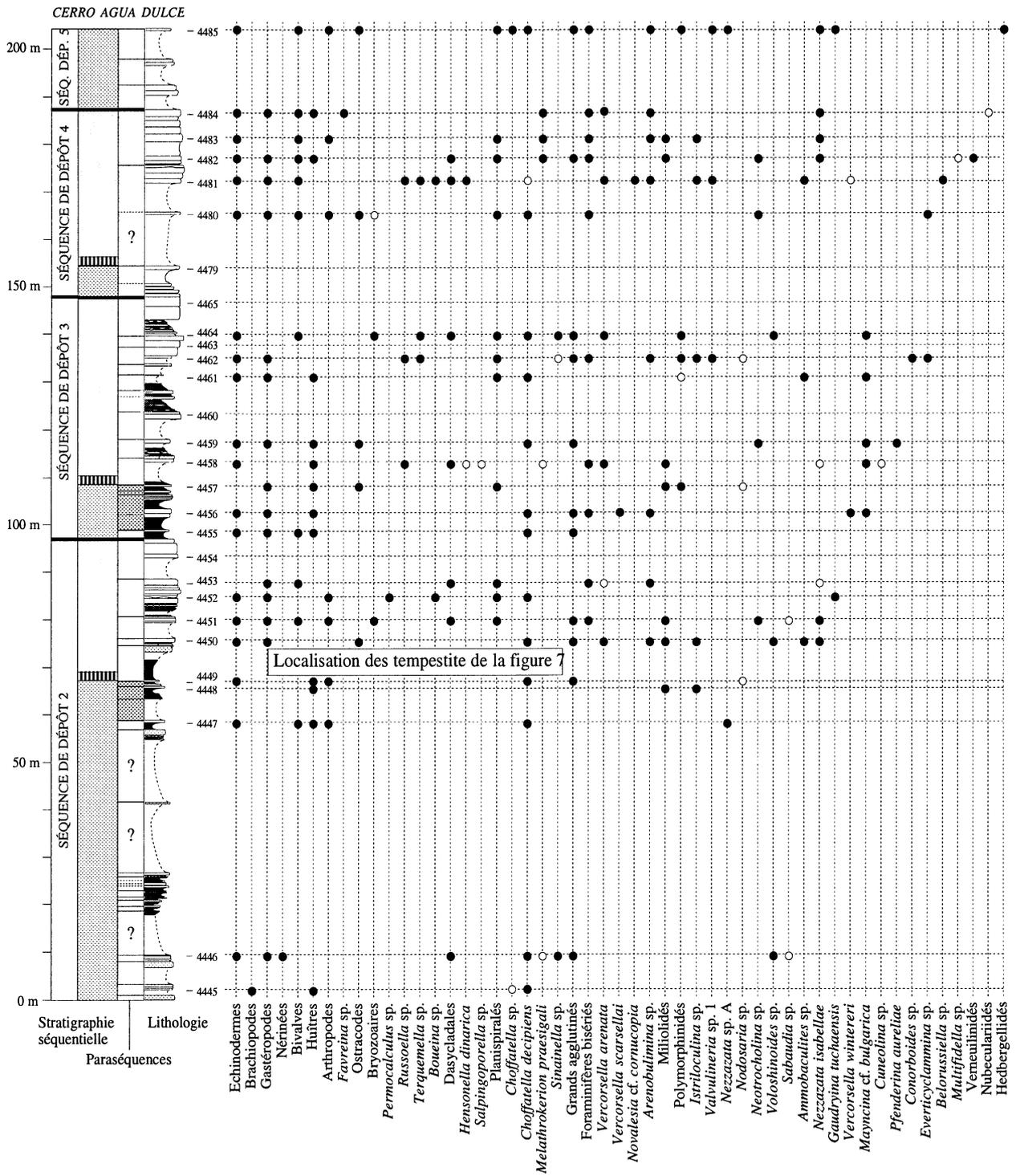


FIG. 17.— Coupe du Cerro Agua Dulce (San Pedro) : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Les paraséquences cycliques sont en gris dans la colonne correspondante. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 16 et 50.

FIG. 17.— Cerro Agua Dulce section (San Pedro): repartition of foraminifers and bioclasts. Cyclic parasequences are represented by dotted areas on the corresponding column. Location of the section and legend: see figures 16 and 50.

de cet ensemble, est très argileux et comporte à son voisinage de nombreuses **tempestites** (fig. 7) d'épaisseur décimétrique caractérisées, au-dessus de leur base ravinante, par des accumulations de petites valves de *Ceratostreon*.

Le prisme de haut niveau (environ 25 m d'épaisseur) est essentiellement calcaire et affleure un peu mieux, au moins pour la partie supérieure massive des paraséquences. Chacune d'entre elle débute par des calcaires argileux ou par des calcaires en petits bancs et

se termine par des gros bancs massifs de calcaires biomicritiques à petits fragments de coquilles. Aucun banc à rudistes n'y a été observé.

La séquence de dépôt 3 débute par un intervalle transgressif constitué par la superposition de paraséquences formées, à la base par des calcaires argileux très tendres, souvent peu visibles en raison de l'altération et du couvert végétal, et, au sommet, par des calcaires micritiques ou biomicritiques, à bioclastes peu nombreux. Des niveaux à coquilles accumulées de *Ceratostreon* existent souvent à la base des paraséquences. Le maximum de transgression a été situé au niveau d'un intervalle marneux situé au sommet d'un ensemble de paraséquences probablement cycliques. Le prisme de haut niveau comporte plusieurs paraséquences épaisses dont les dernières se terminent par des bancs massifs de calcaires micritiques, pauvres en bioclastes. Leur sommet est souvent souligné par d'assez nombreux *Spongiomorpha*, ce qui traduit des interruptions périodiques de la sédimentation.

La séquence de dépôt 4 paraît beaucoup plus calcaire que la précédente. Elle débute par un intervalle transgressif constitué par quelques paraséquences dont les premières, au sommet du troisième ressaut du Cerro Agua Dulce, sont couronnées par des calcaires micritiques. Le maximum de transgression est situé dans un intervalle qui affleure très mal, mais où sont visibles quelques rares bancs de calcaires micritiques et biomicritiques. Le prisme de haut niveau, là encore très calcaire, est constitué par des paraséquences épaisses. Plus au nord, le long de la route de San Pedro, ces calcaires renferment de grandes nérinées *Adiozoptyxis renauxiana* (D'ORBIGNY). Sur le replat de la cime sud du Cerro Agua Dulce (colline de la Soledad), le sommet du prisme de haut niveau est formé par des calcaires micritiques noirs à Dasycladales, riches en *Melathrokerion* (niveau à *Melathrokerion*).

La séquence de dépôt 5 affleure particulièrement mal sur le replat sommital de la colline de la Soledad, de sorte que les épaisseurs mesurées sont probablement très sous-évaluées. L'intervalle transgressif débute par trois paraséquences calcaires d'épaisseur plurimétrique, stratodécroissantes (*thinning-up*), constituant un ensemble rétrogradant. Le maximum de transgression et la base du prisme de haut niveau ne sont pas visibles dans le col situé au NE de la colline de la Soledad, mais la sédimentation gréseuse réapparaît très rapidement dans le prisme de haut niveau.

En conclusion, la coupe du Cerro Agua Dulce est caractérisée par sa grande épaisseur, semblable à celle de l'Arbol Redondo, par le grand développement des niveaux pélitiques ou marneux en particulier pour le TST de la séquence de dépôt 2, par des prismes de haut niveau très calcaires, constituant de petits ressauts topographiques, par la pauvreté de la macrofaune et l'absence de niveaux à *Gervillia* et rudistes. Comme à

l'Arbol Redondo, un niveau repère à *Melathrokerion* s'observe dans le prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 4.

#### 4.2.3. Coupe de Jabón-piste de San Pedro

Cette coupe (fig. 18) a été levée à la sortie du village de Jabón, le long de la piste conduisant à San Pedro (lieu-dit El Fraile-La Mesita).

La séquence de dépôt 3 est bien représentée par sa partie supérieure qui semble reposer directement sur les grès inférieurs de la formation Peñas Altas dont elle est seulement séparée par une lacune de visibilité correspondant au plus à 10 à 20 m de sédiments. Les premières paraséquences visibles, d'épaisseurs plurimétriques et appartenant au prisme de haut niveau, débutent par des calcaires argileux et des marnes, parfois fortement bioturbées, renfermant localement des bivalves, et se terminent par des bancs massifs de calcaires biomicritiques.

La séquence de dépôt 4 a une épaisseur très voisine de celle observée dans la coupe du Cerro Agua Dulce, mais les affleurements y sont excellents. La limite de séquence de dépôt Sb4, située au toit du niveau 4435, correspond à une surface d'émersion et de paléokarstification. Le début de la transgression sus-jacente est marquée d'abord par des perforations de bivalves affectant les parois de certaines cavités karstiques, puis par un remplissage de calcaires gréseux à fragments d'huîtres. Ce remplissage renferme des traces de racines qui lui sont postérieures et qui prouvent l'émersion au sommet de la première paraséquence, gréseuse, de l'intervalle transgressif. L'intervalle transgressif est constitué ensuite par la superposition de petites paraséquences qui débutent par des marnes, des calcaires gréseux ou des calcaires argileux micacés à nombreux bioclastes et se terminent par des calcaires ou des calcaires argileux biomicritiques (l'un de ces bancs est riche en grands gastéropodes). L'une de ces séquences montre en son milieu de très nombreuses valves non transportées de *Ceratostreon* juvéniles. Les suivantes, souvent très bioturbées, contiennent parfois des échinides irréguliers et des bivalves fouisseurs (premier niveau à oursins). Un niveau d'accumulation a été interprété comme une tempestite. Le maximum de transgression a été localisé, au toit de cet ensemble, au niveau de la séquence la plus argileuse et la plus riche en faune. Le prisme de haut niveau, très calcaire dans l'ensemble, est constitué par plusieurs paraséquences épaisses, généralement constituées par des marnes silteuses surmontées par des biomicrites massives à Dasycladales. Vers le milieu de cet intervalle, l'une d'entre elles, qui correspond à un repère régional (fig. 24) renferme des *Spongiomorpha* au sommet. Le niveau à *Melathrokerion* s'observe au sommet de cet ensemble.

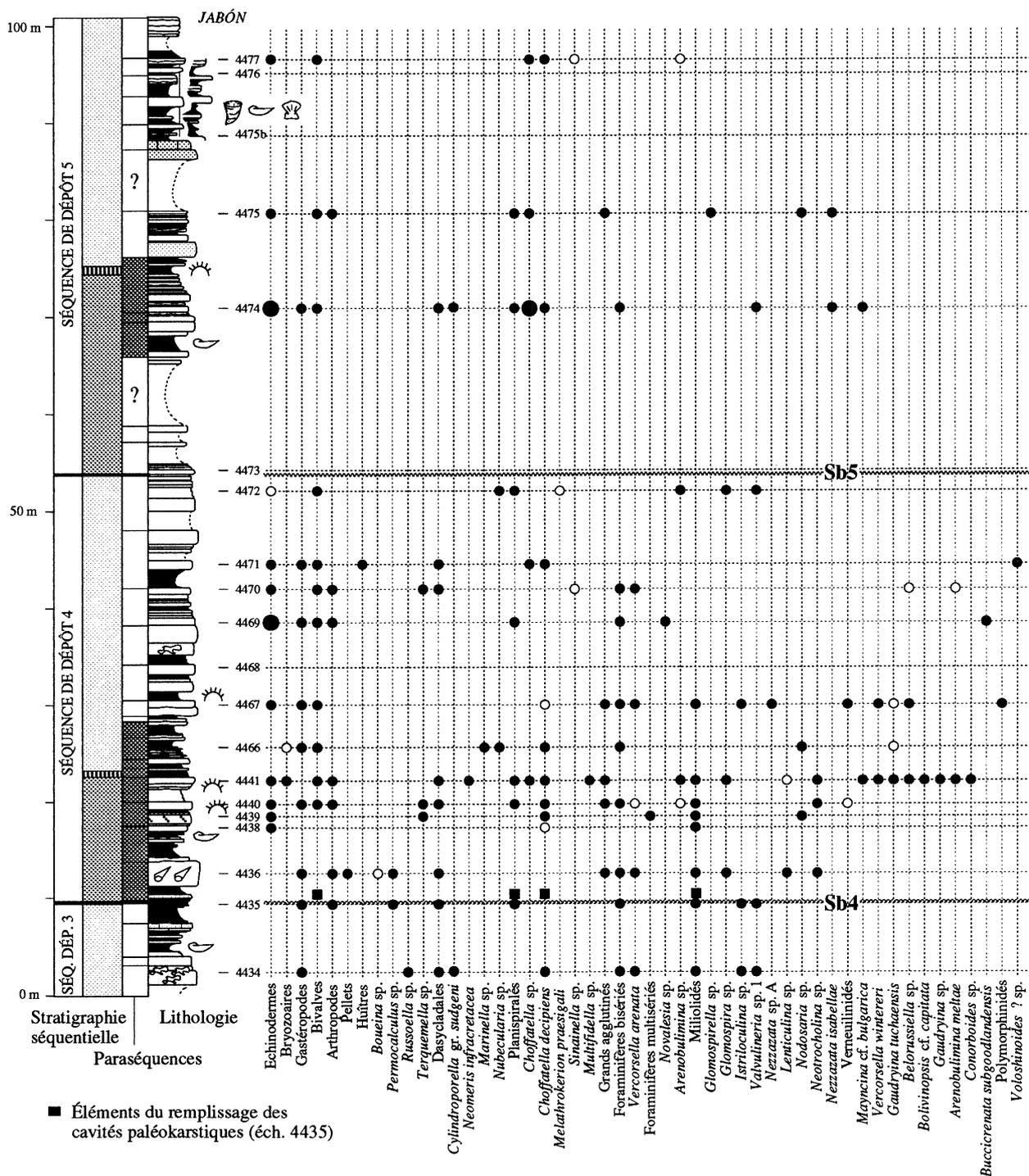


FIG. 18.— Coupe de Jabón-piste de San Pedro : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Les paraséquences cycliques sont en gris dans la colonne correspondante. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 16 et 50.

FIG. 18.— Jabón, San Pedro track section: repartition of foraminifers and bioclasts. Cyclic parasequences are represented by dotted areas on the corresponding column. Location of the section and legend: see figures 16 and 50.

La séquence de dépôt 5 affleure assez mal. L'intervalle transgressif est représenté par plusieurs paraséquences constituées, à la base, par des marnes ou des calcaires argileux riches en fragments d'organismes (dont des valves de *Ceratostreon* par endroits) et, au sommet, par des bancs de calcaires argileux d'aspect

parfois noduleux. Il est surmonté par un niveau très argileux, particulièrement riche en organismes ou débris d'organismes variés (surtout bivalves et fragments d'échinides, deuxième niveau à oursins d'extension régionale), qui peut être interprété comme le maximum de transgression. Au-dessus, les paraséquences du

sommet de la coupe visible le long de la piste, forment la partie basale du prisme de haut niveau (*early highstand*), sont encore très argileuses et renferment de petits bancs de grès à leur base. Le sommet de la partie carbonatée n'est pas visible, mais les grès massifs appartenant à l'intervalle gréseux médian de la formation Peñas Altas semblent débiter quelques mètres seulement au-dessus.

*En conclusion*, la coupe de Jabón est assez semblable à celle du Cerro Agua Dulce, ce qui est normal dans la mesure où ces deux coupes sont distantes seulement de 5 km et appartiennent au même niveau carbonaté continu entre ces deux points. Elle se caractérise aussi par sa grande épaisseur relative, par l'absence de faciès à rudistes et par l'abondance des niveaux à *Ceratostreon* et autres bivalves dont l'observation est beaucoup plus aisée. Elle est en outre typique par l'existence de deux niveaux à oursins irréguliers, localisés autour des maxima de transgression des séquences de dépôt 4 et 5. Par contre, et sauf accident tectonique non décelé, l'ensemble carbonaté de la séquence de dépôt 3 semble reposer directement sur des grès qui ne montrent aucune autre intercalation calcaire à Jabón et en contrebas de ce village. Parmi d'autres, cette observation tendrait à prouver l'existence de profondes vallées incisées (*incised valleys*), progressivement colmatées par les séries argilo-carbonatées constitutives des séquences de dépôt 2 et 3. Du point de vue paléogéographique cette coupe se place dans un domaine marin relativement profond pendant les périodes transgressives, mais soumis à des apports détritiques terrigènes. À certains moments, ce type d'environnement était très favorable au développement des huîtres *sensu lato* ou des oursins irréguliers, mais il n'a jamais permis l'apparition des communautés à rudistes, peut-être en raison d'une trop grande profondeur ou d'une trop grande turbidité des eaux.

#### 4.2.4. Coupe de la Loma

Cette coupe a été levée aux alentours d'un petit col situé à l'ouest du lieu-dit La Loma (altitude 1280 m environ) le long d'une crête s'abaissant au nord-est du Cerro Curariguíta, dans le secteur montagneux autochtone qui sépare Curariguíta d'El Tocuyo.

La séquence de dépôt 3 n'affleure correctement que dans sa partie sommitale qui repose sur des grès. Au-dessus du maximum de transgression qui n'a pas pu être détaillé, le prisme de haut niveau est constitué par quatre paraséquences stratocroissantes (*thickening-up*) d'épaisseur plurimétrique (fig. 20). Chacune de ces paraséquences débute par un niveau plus ou moins détritique, constitué par des bancs de grès ou de calcaires gréseux, et se termine par de gros bancs de calcaires à huîtres, puis à *Gervillia* ou à rudistes, parfois riches également en gastéropodes (*Harpagodes* et *Nérinées*). Au sommet de la troisième paraséquence, un petit banc de dolomies de couleur orange est interprété

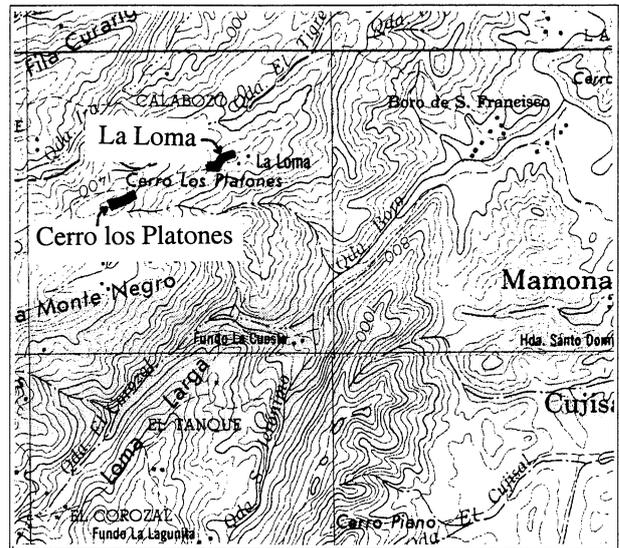


FIG. 19.— Localisation géographique des coupes de La Loma et du Cerro Los Platonos (entre Curariguíta et El Tocuyo).

FIG. 19.— Detailed location of measured sections in between Curariguíta and El Tocuyo: La Loma and Cerro Los Platonos sections.

comme un dépôt de sebkha. Les *Spongiomorpha* sont fréquents au sommet des paraséquences. L'un des premiers bancs, dolomitique, montre des dissolutions moldiques et des indices d'une fracturation précoce (échantillon 4275), aptienne.

Au sommet, la limite de séquence de dépôt Sb4 correspond à une surface d'émergence soulignée par des dissolutions de coquilles au sommet du banc 4281. Les cavités de dissolution sont remplies par des ciments bactériens pédogénétiques.

La séquence de dépôt 4 débute par un intervalle transgressif constitué par la superposition de paraséquences peu épaisses montrant de bas en haut : 1) un niveau de marnes ou de calcaires argileux, souvent très altérés, renfermant des fragments d'oursins irréguliers ; 2) des calcaires bioclastiques, généralement argileux ou silteux, disposés en petits bancs ondulés, à bivalves fréquemment fragmentés et gastéropodes ; 3) un gros banc calcaire sommital représenté soit par des micrites azoïques à *Spongiomorpha*, soit par des biosparites (tempestites), soit par des biomicrites à bivalves, gastéropodes et rudistes dont des *Amphitriscoelus* (fréquemment sous forme de débris transportés). Le maximum de transgression correspond à un petit niveau de calcaire argileux riche en fragments de bivalves. Le prisme de haut niveau est représenté par plusieurs paraséquences. Les premières débutent par des calcaires argileux et se terminent par des calcaires légèrement gréseux à bivalves biodégradés et à *Gervillia* (un niveau à algal mats existe en 4295). Plus haut, la sédimentation est plus calcaire et les paraséquences sont représentées par des bancs massifs de calcaires micritiques (certains bancs renferment des gastéropodes et des rudistes, notamment des *Amphitriscoelus*) à

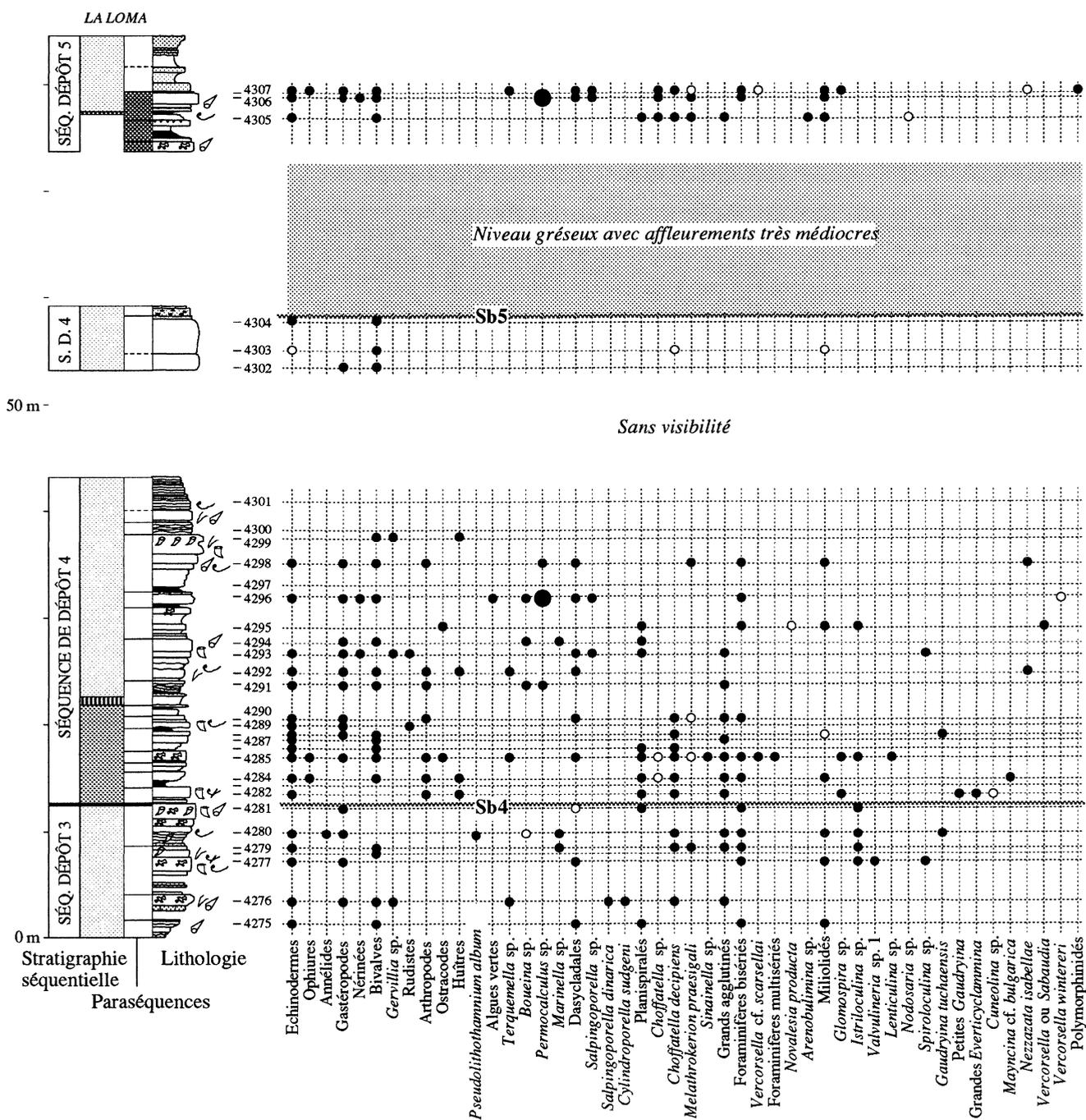


FIG. 20.- Coupe de La Loma : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Les paraséquences cycliques sont en gris dans la colonne correspondante. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 19 et 50.

FIG. 20.- La Loma section: repartition of foraminifers and bioclasts. Cyclic parasequences are represented by dotted areas on the corresponding column. Location of the section and legend: see figures 19 and 50.

*Spongiomorpha* au sommet. Les dernières paraséquences sont caractérisées par la disparition de la macrofaune et une microfaune aussi rare que peu diversifiée. Des surfaces d'érosion existent parfois en sommet de paraséquences. Certains bancs de calcaires micritiques à *Dasycladales* renferment *Montiella elitzae* du Barrémien ? -Aptien inférieur (échantillons 4300 et

4301), ou des rudistes et *Nérinées*, ou des accumulations de coquilles d'huîtres et de *Gervillia*. Comme dans les autres coupes, de nombreux *Melathrokerion* sont présents dans la partie supérieure de cet intervalle.

La séquence de dépôt 5 est très peu visible à l'affleurement. Elle débute par un intervalle qui semble essentiellement représenté par des grès fins et des grès

argileux plus ou moins tendres. Le sommet, carbonaté, est constitué par quelques paraséquences qui montrent, à la base, des calcaires argileux ou des grès et, au sommet, des calcaires biomicritiques parfois riches en *Dasycladales*, fragments d'échinides et Nérinées. Le premier gros banc calcaire visible renferme au sommet des *Spongiomorpha*. Cet ensemble correspondrait au sommet d'un intervalle transgressif, au maximum de transgression et à la base d'un prisme de haut niveau compte tenu de la diversité et de l'abondance relative de la microfaune.

*En conclusion*, cette coupe, qui est assez semblable à celle de Curarigua, est caractérisée par :

1) l'absence de la séquence de dépôt 2, ainsi que de la plus grande partie de l'intervalle transgressif carbonaté de la séquence de dépôt 3 ;

2) la présence de nombreux bancs riches en *Gervillia* ou en rudistes dans les séquences de dépôt 3 et 4, mais ces organismes y sont généralement isolés ou remaniés ;

3) l'alternance de bancs calcaires et de niveaux plus riches en éléments détritiques terrigènes (calcaires gréseux, calcaires argileux) dans la séquence de dépôt 4 ;

4) la probabilité d'un intervalle transgressif à dominance marneuse pour la séquence de dépôt 5 qui affleure très mal. Les milieux de dépôt étaient de type marin ouvert, infra- à circalittoraux (*open marine subtidal*), propices au développement des bivalves, y compris des rudistes à certains niveaux.

#### 4.2.5. Coupes de Curarigua

Au nord de Curarigua, l'intervalle carbonaté inférieur de la formation Peñas Altas a été levé en deux endroits, la partie inférieure sur le bord nord de la plaine de Curarigua, dans un ravin qui entaille le Cerro el Cocuy, et la partie supérieure le long de la route allant de Curarigua à Pte Torres, puis, perpendiculairement à la ligne de plus grande pente, sur le flanc du Cerro Los Curaries. La morphologie de ce secteur est suffisamment claire pour être certain que cette deuxième partie est située au-dessus de la première, permettant d'assurer les corrélations que nous proposons.

**La coupe du Cerro el Cocuy** (fig. 22) débute par un ensemble couvert d'éboulis et de végétation, dans lequel s'observent quelques bancs de calcaires gréseux et argileux appartenant déjà à la partie inférieure du prisme de haut niveau de la *séquence de dépôt 3*. Le sommet de celui-ci est constitué par 5 paraséquences d'épaisseur plurimétrique, dans l'ensemble stratocroissantes, qui se terminent par de gros bancs calcaires dont certains, particulièrement riches en bivalves (*Gervillia*, rudistes dont des *Toucasia*) et en gros gastéropodes : *Harpagodes* et surtout de nombreuses Nérinées dont *Teleoptyx galatea* (COQUAND), renferment des algues, notamment *Gyroporella lukicae* (détermination J.-P. Masse).

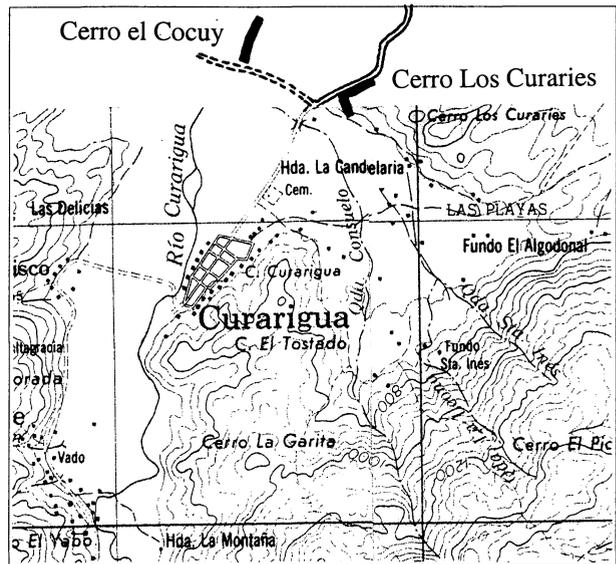


FIG. 21.— Localisation géographique des coupes de Curarigua (Cerro el Cocuy et Cerro Los Curaries).

FIG. 21.— Detailed location of measured sections near Curarigua (Cerro el Cocuy and Cerro Los Curaries sections).

La *séquence de dépôt 4* est encore très calcaire. L'intervalle transgressif comporte des paraséquences dont la base est représentée par des calcaires argileux couverts de végétation et le sommet par des bancs calcaires biomicritiques à fragments de coquilles transportées ou, plus haut dans le TST, par des bancs calcaires riches en gastéropodes dont des Nérinées. Le sommet de l'intervalle transgressif et le maximum de transgression correspondent à des alternances de marnes micacées et de calcaires gréseux. Le prisme de haut niveau est constitué par un ensemble d'une dizaine de paraséquences globalement stratocroissantes (*thickening-up*). Cet ensemble est très calcaire, hormis un intervalle médian plus détritique formé d'une succession de calcaires gréseux à rares petits gastéropodes, situé au-dessus d'un gros banc à nombreux *Spongiomorpha*, et dont le banc terminal (au-dessus de l'échantillon 4537) renferme *Aetosteon latissimus*, des gastéropodes et des fragments de rudistes. La partie terminale du HST est constituée par plusieurs paraséquences de calcaires bioclastiques, de calcaires à nombreuses *Gervillia* en position de vie (banc sus-jacent à 4541) et de calcaires à rudistes (*Amphitriscoelus* dans le banc 4539, petites *Toucasia* dans le banc 4541).

La base de la *séquence de dépôt 5* affleure très mal dans cette coupe ; elle est ici représentée par un intervalle transgressif constitué par des calcaires argileux, légèrement gréseux, dont le premier renferme quelques petites coquilles de Caprinidés et le second des *Spongiomorpha*. Les affleurements disparaissent plus haut, mais semblent correspondre à une série principalement marneuse coiffée par un dernier gros

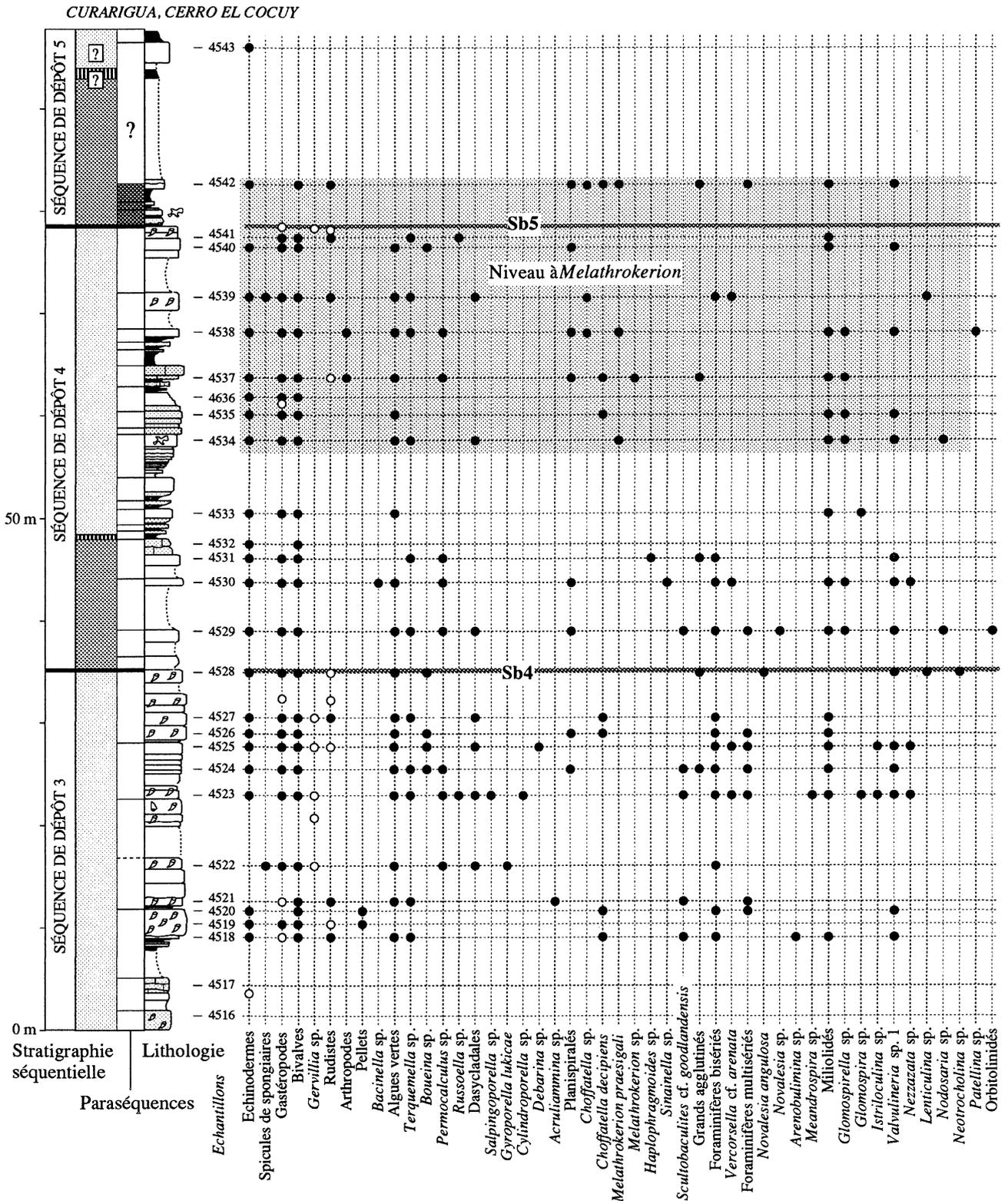


FIG. 22.— Coupe du Cerro el Cocuy (Curarigua) : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Les paraséquences cycliques sont en gris dans la colonne correspondante. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 21 et 50. Les cercles blancs correspondent à des macrofaunes observées sur le terrain.

FIG. 22.— Cerro el Cocuy (Curarigua) section: repartition of foraminifers and bioclasts. Cyclic parasequences are represented by dotted areas in the corresponding column. Location of the section and legend: see figures 21 and 50. White circles correspond to macrofauna observed on the field.

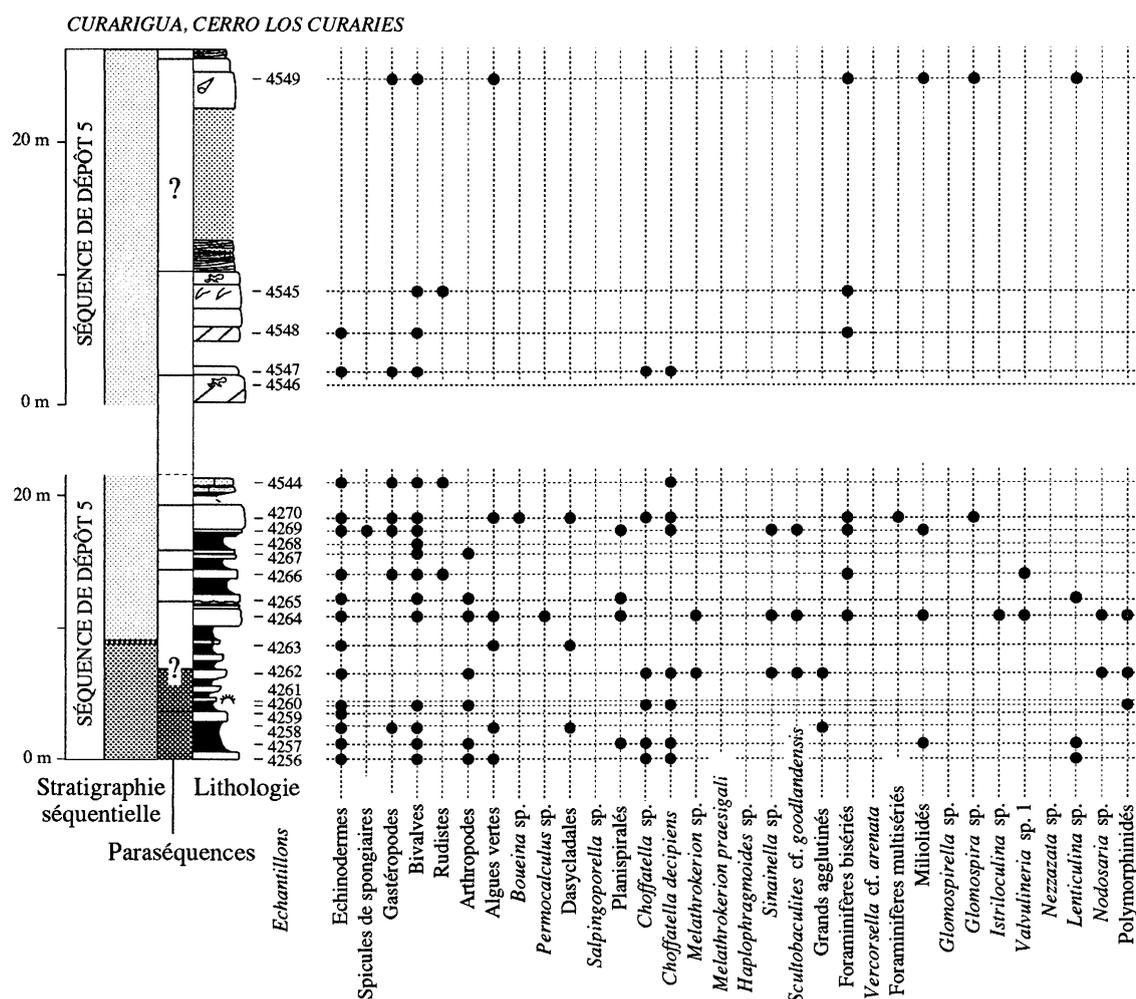


FIG. 23.— Coupe du Cerro los Curaries (Curarigua) : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Les paraséquences cycliques sont en gris dans la colonne correspondante. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 21 et 50.

FIG. 23.— *Cerro Los Curaries (Curarigua) section: repartition of foraminifers and bioclasts. Cyclic parasequences are represented by dotted areas on the corresponding column. Location of the section and legend: see figures 21 and 50.*

banc visible de calcaire biomicritique, situé 10 à 15 m sous la ligne de crête.

**La coupe du Cerro los Curaries** (fig. 23) débute le long de la route par une succession très visible de marnes, de calcaires argileux et de calcaires qui constituent l'intervalle transgressif, le maximum de transgression et le début du prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 5. L'intervalle transgressif et le maximum de transgression sont riches en débris variés de métazoaires et en Choffatelles. Des fragments d'oursins irréguliers et un Nautilie y ont été trouvés. Au-dessus, les premières paraséquences du prisme de haut niveau renferment de très nombreux fragments de bivalves, des huîtres (*Crassostrea* en particulier) et de petits gastéropodes. Cet ensemble principalement marneux est surmonté par un gros banc de calcaire massif à grandes Nérinées dont *Aptyxiella (Acroptyxix) vogtiana* (DE MORTILLET). Au-dessus d'un grand intervalle sans visibilité (qui pourrait correspondre à des grès tendres) s'observe un ensemble de gros bancs

calcaires (micrites et biomicrites à algues, bancs à *Gervillia*, bancs à *Spongiomorpha*). Ce niveau est surmonté par un nouvel ensemble gréseux dans lequel est intercalé une petite barre calcaire bioturbée d'environ 4 m d'épaisseur (micrites presque azoïques avec des gastéropodes silicifiés dont des Nérinées et *Tylostoma*). Chacune de ces superpositions de grès et de calcaires constitue une paraséquence épaisse du prisme de haut niveau qui est donc caractérisé par une disposition d'ensemble stratocroissante et le retour du détritique terrigène grossier au sommet de la séquence de dépôt.

**Sur le versant nord du Cerro el Cocuy**, deux bancs massifs plurimétriques de calcaires à rudistes s'observent dans la végétation. Le banc inférieur (4271) renferme de grands *Harpagodes*, des Nérinées *Plesioplocus essertensis* (PICTET & CAMPICHE) et surtout des *Amphitriscoelus waringi* (détermination J.-P. Masse). Le banc supérieur est très riche en petites *Toucasia*. La position de cet affleurement par rapport à

la coupe de Curarigua est incertaine mais il serait situé au-dessus d'un ensemble plus marneux à oursins irréguliers de sorte qu'il pourrait correspondre aux gros bancs calcaires, localement riches en *Gervillia* et *Spongeliomorpha*, de la partie supérieure de la coupe du Cerro Los Curaries (prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 5, surmontant les couches plus marneuses à nombreux fragments d'échinides irréguliers).

*En conclusion*, la coupe de Curarigua est caractérisée par la présence de bancs calcaires plurimétriques dans les prismes de haut niveau, le développement des colonies de rudistes dans toutes les séquences de dépôt concernées et la présence d'un niveau à oursins irréguliers autour du maximum de transgression de la séquence de dépôt 5. La base de la coupe débutant au niveau de la plaine de Curarigua, il n'est pas possible de savoir si la séquence de dépôt 2 est représentée ou non dans ce secteur. Les milieux de dépôt sont toujours marins ouverts, relativement profonds (circalittoraux au niveau des maxima de transgression, infralittoraux en haut des paraséquences des prismes de haut niveau) et particulièrement favorables au développement des colonies de grands bivalves, notamment des rudistes.

#### 4.2.6. Microfaune et biostratigraphie

La microfaune, malheureusement pauvre et dépourvue des bons marqueurs stratigraphiques, a été recensée en détail. Sur un plan plus général, cette microfaune est typiquement sud-téthysienne et montre beaucoup d'affinités avec celles d'Italie centrale (plaque apulienne) et du Moyen-Orient. Par contre, aucune comparaison ne peut être établie à l'Aptien inférieur avec l'Amérique centrale et l'Amérique du Nord, du moins dans l'état actuel des connaissances.

Dès la base, le niveau calcaire inférieur est caractérisé par la présence ou l'abondance des Choffatelles parmi lesquelles deux formes différentes se distinguent :

- 1) des petites Choffatelles à structure assez simple (*Choffatella decipiens*), présentes dès la base des coupes,
- 2) des grandes Choffatelles, à structure interne plus complexe (*Choffatella* sp.), qui apparaissent seulement vers le sommet de la séquence de dépôt 2. Cette espèce a déjà été reconnue par A. Arnaud-Vanneau dans les séries du Moyen-Orient (Oman, Sud de l'Iran). Les derniers représentants de ces deux espèces ont été rencontrés juste au-dessus de la mfs de la séquence de dépôt 5.

La séquence de dépôt 2 est caractérisé par l'abondance relative des *Valvulineria* sp. 1 et des *Miliolidae* (bien que ces derniers soient plus abondants à Curarigua et beaucoup moins fréquents à Arbol Redondo), et par la présence constante des *Vercorsella* cf. *arenata* et des petites Choffatelles (*Choffatella*

*decipiens*) Vers le sommet s'observe également l'apparition des algues du groupe des *Russoella*. Une section d'*Orbitolinopsis* sp. a été reconnue dans la coupe d'Arbol Redondo.

Les séquences de dépôt 3 et 4 sont caractérisées par l'abondance relative des *Scultobaculites* sp. cf. *S. goodlandensis* et des *Novalesia*, par le développement des *Sinainella* (quelques rares sections semblent exister dès le sommet de la séquence de dépôt 2, mais leur très mauvais état rend toute détermination incertaine dans ces niveaux), et par l'abondance des algues du groupe des *Russoella*. Une mauvaise section oblique d'Orbitoline a été reconnue dans la coupe de Curarigua à la base de la séquence 4 ; il y a là une présomption sur l'existence dans ce secteur de *Palorbitolina lenticularis*, espèce dont la présence est attestée dans plusieurs coupes du Venezuela oriental (A. Arnaud-Vanneau, inédit). Les grandes et les petites Choffatelles sont toujours bien représentées, mais il y a moins de *Nezzazata* et de *Miliolidae* que dans la séquence 2. Enfin, un niveau à *Melathrokerion praesigali* existe partout au sommet de la séquence de dépôt 4, pouvant ainsi servir de repère pour des corrélations régionales (fig. 24).

La séquence de dépôt 5 est marquée par la disparition des deux espèces de Choffatelles, mais n'a pas montré de microfaune fondamentalement différente par rapport à celle présente au-dessous (il est vrai que l'échantillonnage n'a pas été très important dans cette succession dont les affleurements sont partout particulièrement médiocres).

**Du point de vue des datations**, aucune précision ne peut être donnée en raison de l'absence totale de bons marqueurs stratigraphiques. Tout au plus, peut-on souligner les points suivants :

1) Parmi les deux espèces de Choffatelles rencontrées, *Choffatella decipiens* a une répartition qui va de l'Hauterivien au sommet de l'Aptien inférieur. Du Moyen-Orient à l'Afrique du Nord et à l'Europe occidentale, aucune Choffatelle n'est connue au-dessus de l'Aptien inférieur [Arnaud-Vanneau *et al.*, 1991].

2) Les premières *Hensonella dinarica*, représentées ici par des formes de petites dimensions, apparaissent dans le prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 2 de la coupe d'Arbol Redondo. Elles sont semblables à celles de l'Aptien inférieur d'Italie centrale, mais rien ne permet d'exclure un âge plus ancien. En effet, cette espèce est abondante en Oman dans des couches barrémiennes, voire de l'Hauterivien supérieur [Simmons et Hart, 1987]. Si sa présence dans l'Hauterivien n'est pas paléontologiquement prouvée dans cette région, il n'en est pas de même pour le Barrémien car elle cohabite avec *Eopalorbitolina charollaisi* au milieu de la formation Kharaiib alors que seul le sommet de cette dernière (= membre P2 des pétroliers) et la formation Shuaiba sus-jacente sont datés de l'Aptien inférieur. Dans le Frioul (Italie), dont les séries appartiennent aux Dinarides septentrionales, donc

à la marge sud-téthysienne, *H. dinarica* est déjà présente dans le Valanginien daté par *Vercorsella camposaurii* (SARTONI & CRESCENTI) [Schindler et Conrad, 1994].

3) Le rudiste *Amphitriscoelus waringi* HARRIS & HODSON est réputé Aptien inférieur [Masse et Rossi, 1987] car, d'après ces auteurs, on le rencontre au Venezuela oriental dans des couches de l'Aptien inférieur puisqu'elles renferment *Choffatella decipiens* et *Hensonella dinarica* (synonyme junior de *Hensonella dinarica* [Schindler et Conrad, 1994, p. 77]), la première ayant une répartition allant de Hauterivien à la limite Aptien inférieur-Aptien supérieur tandis que la seconde est très commune dans tout l'Aptien. Malheureusement, rien ne confirme cette attribution limitée à l'Aptien inférieur des niveaux à *A. waringi* pour au moins deux raisons : a) présence dans du Barrémien probable au Venezuela oriental où l'association *A. waringi*, *Caprina plumensis*, *Kipia trinitaria* et *Requienia ammonia* a été échantillonnée dans la formation Chuparipal avec des gastéropodes barrémiens [Macsoy et Alvarez, 1987] ; b) association d'*Amphitriscoelus waringi* et de l'espèce strictement barrémienne *Offneria simplex* CHARTROUSSE & MASSE dans le gisement cubain de La Gibara [Chartrousse et Masse, 1998]. Compte tenu de l'apparition d'*O. simplex* au sommet du Barrémien inférieur dans le Sud-Est de la France [Vercors et Ardèche, Chartrousse et Masse, 1998], il est clair qu'*A. waringi* est une espèce apparaissant assez bas dans le Barrémien et ne caractérisant pas seulement l'Aptien.

4) Les *Sinainella* se rencontrent seulement à partir du voisinage de la limite Barrémien-Aptien inférieur au Portugal et à l'Aptien inférieur dans les séries du Moyen-Orient. Seule cette espèce permet donc de caractériser l'Aptien inférieur dans l'état actuel des connaissances [Arnaud-Vanneau *et al.*, 1991].

Compte tenu des remarques précédentes, la présence conjointe des Choffatelles, de *Hensonella dinarica* et de nombreuses *Sinainella* permet de proposer un âge Aptien inférieur pour les séquences de dépôt 3 et 4. Par contre, les séquences de dépôt 1 et 2 pourraient appartenir au Barrémien supérieur ou, en tout cas pour la seconde, se situer à proximité de la limite Barrémien-Aptien en raison de la présence de rares *Hensonella dinarica* et, peut-être, des premières *Sinainella* à son sommet. Au sommet de l'ensemble calcaire, la limite entre l'Aptien inférieur et l'Aptien supérieur semble se situer dans la séquence de dépôt 5 en raison de la disparition des Choffatelles à ce niveau.

#### 4.2.7. Conclusions

L'analyse séquentielle du niveau calcaire inférieur de la formation Peñas Altas permet de souligner huit faits essentiels (fig. 24).

1. Aucun prisme de bas niveau (*lowstand systems tract*) n'a été mis en évidence pour les séquences de dépôt 2 à 5, ce qui illustre, du point de vue

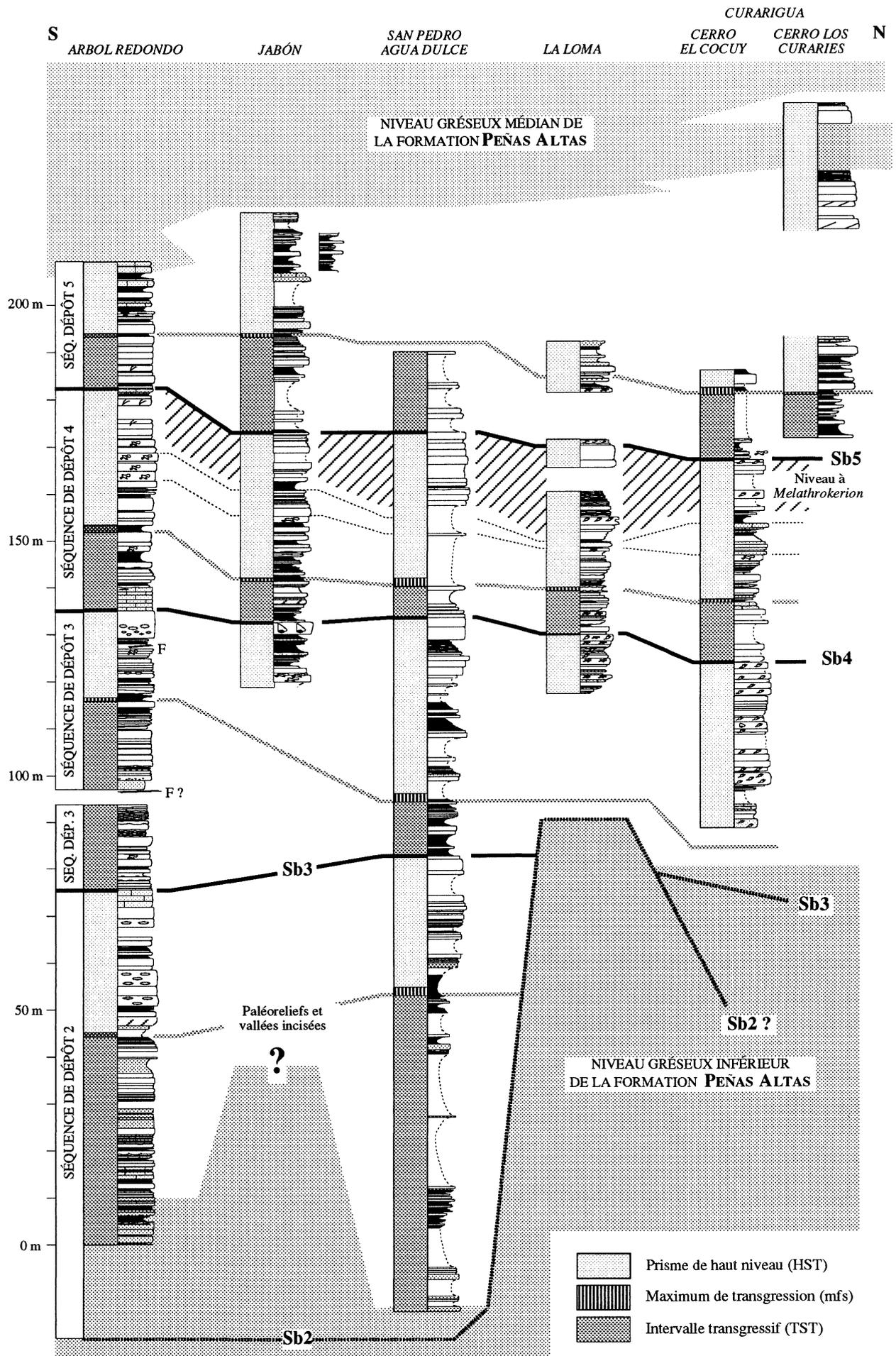
morphologique, la localisation de la région étudiée sur la partie interne d'une plate-forme ou d'une rampe temporairement ennoyée. Cela implique également la présence de lacunes significatives au niveau de chacune des limites de séquence de dépôt.

2. Le maximum du développement des faciès carbonatés correspond à un intervalle qui comprend le sommet du prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 2 et les séquences de dépôt 3 et 4. C'est donc à l'Aptien inférieur que la sédimentation carbonatée montre l'extension latérale la plus grande avec à la fois une grande uniformisation des faciès et de faibles variations latérales d'épaisseur. Cette disposition témoigne de la plus grande rétrogradation des dépôts détritiques terrigènes grossiers, probablement due soit à une période transgressive majeure, soit à d'importantes variations climatiques ou à une combinaison des deux facteurs. L'évolution inverse débute dès la base de la séquence de dépôt 5 avec la progradation de la sédimentation détritique terrigène marquée d'abord par la prépondérance des dépôts argileux, puis sableux grossiers.

3. Les calcaires ne sont pas répartis de manière homogène dans les séquences de dépôt : ils sont généralement moins développés dans les intervalles transgressifs que dans les prismes de haut niveau (*highstand systems tracts* = HST) où ils forment des bancs massifs disposés en paraséquences d'épaisseurs plurimétriques à décimétriques. Du point de vue morphologique, les calcaires des HST donnent ainsi naissance à des ressauts marqués dans la topographie.

4. Deux maxima d'approfondissement s'observent grâce à la présence de Polymorphinidés jusque dans la coupe d'Arbol Redondo au sud ; ils correspondent aux maxima de transgression des séquences de dépôt 3 et 5. Ces deux maxima de transgression peuvent être corrélés avec ceux de l'Aptien inférieur basal et de l'Aptien inférieur terminal (zones à Deshayesi et Furcata de la nouvelle zonation de la région méditerranéenne [Hoedemaeker et Bulot, 1990 ; Hoedemaeker *et al.*, 1993]) bien connus dans le sud de la France, en Ibérie et dans d'autres régions téthysiennes, notamment au Moyen Orient (Oman par exemple). Une telle interprétation est compatible avec les données micropaléontologiques et, notamment, avec la disparition des Choffatelles dans l'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 5 (dans la partie orientale de la Téthys, ces foraminifères ne dépassent pas la limite Aptien inférieur-Aptien supérieur).

5. Les paraséquences sont rythmiques, de type *shallowing-up*, sauf dans les parties supérieures des intervalles transgressifs (*late TST*) où s'observent fréquemment des séquences cycliques, de type *deepening-shallowing-up*. Sur le plan de l'organisation générale, les intervalles transgressifs sont souvent caractérisés par des paraséquences d'abord strato-croissantes (*thickening-up*), puis strato-décroissantes (*thinning-up*). Dans le cas des intervalles transgressifs



représentés seulement par leur sommet (*late TST*), la partie inférieure stratodécroissante est le plus souvent absente. Les prismes de haut niveau ont souvent une disposition d'ensemble stratocroissante (*thickening-up*).

6. Les milieux de dépôt sont presque toujours marins ouverts et le plus souvent circalittoraux (*deep subtidal*). Les environnements infralittoraux (*shallow subtidal*) sont moins fréquents et les milieux médio- à supralittoraux (*inter- to supratidal*) très rares. En conséquence, les faciès dominants sont ceux à nombreux bivalves (huîtres dominantes) et oursins irréguliers. Les faciès de transgression, caractérisés par le remaniement généralisé des éléments, sont extrêmement fréquents tandis que les faciès de plate-forme standard sont particulièrement rares. Dans ce contexte, les faciès à rudistes et les faciès à *Gervillia* qui y sont proches se rencontrent seulement vers l'extérieur de la plate-forme (coupes de Curarigua et, avec une fréquence moindre, de La Loma). Ils sont alors abondants au sommet de la séquence de dépôt 3 et dans la séquence de dépôt 4. L'une des raisons de leur présence et de leur abondance vers l'extérieur de la plate-forme semble liée à leur localisation dans les parties sommitales des prismes de haut niveau (*late highstand*), localisation qui placerait les colonies en position frangeante par rapport aux rivages et dans des secteurs relativement éloignés des cours d'eau par où transitaient les sédiments détritiques terrigènes.

7. Certaines limites de séquences de dépôt paraissent très érosives, notamment la limite Sb2. En effet, alors que la continuité latérale est excellente et les variations d'épaisseurs relativement faibles au-dessus du maximum de transgression de la séquence de dépôt 3, il n'en est pas de même pour les niveaux sous-jacents. En dépit des mauvaises conditions d'affleurement, qui nécessiteraient des études complémentaires, il semble bien que les carbonates de la séquence de dépôt 2 et de la base de la séquence 3 manquent totalement dans certains secteurs, par exemple dans ceux de Jabón et de La Loma. Il en est de même pour la séquence de dépôt 1 qui n'existe que très localement. Ces observations tendraient à prouver l'existence de profondes vallées incisées, progressivement comblées ultérieurement, au niveau des limites Sb1 et Sb2. C'est seulement à partir du maximum de transgression de la séquence de dépôt 3 qu'il y aurait une surface topographique relativement régulière sur la plate-forme aptienne ennoyée.

8. La limite de séquence de dépôt Bb4 correspond à une surface d'émergence et de dissolution importante soulignée soit par un niveau à coquilles dissoutes, soit par une paléokarstification et des ciments bactériens pédogénétiques (Jabón, La Loma). Compte tenu des conditions d'affleurement habituellement médiocres, il est possible que les limites de séquences de dépôt puissent montrer en d'autres points une histoire diagénétique complexe qu'il serait intéressant de détailler.

#### 4.3. La séquence de dépôt 6 et les Lutitas de Guáimaras

Une séquence de dépôt essentiellement gréseuse et dépourvue de banc carbonaté existe entre les niveaux calcaires inférieur et supérieur de la formation Peñas Altas. Cette séquence de dépôt 6, qui n'a pas été étudiée, comporte de bas en haut, dans la coupe d'Arbol Redondo, un ensemble de grès fins, relativement tendres (environ 25 m), un épais niveau pluri-décamétrique de pélites noires (environ 90 m) et un ensemble d'épaisseur équivalente débutant par des grès pélitiques fins (40 m) et se terminant par des grès grossiers à litages entrecroisés (160 m). Le maximum de transgression se situe dans les pélites noires qui, par leur localisation, correspondent au membre des Lutitas de Guáimaras. Dans le même contexte, un niveau pélitique épais aurait livré, d'après O. Macsotay, des ammonites du Gargasien (partie inférieure de l'Aptien supérieur) le long de la route San Pedro-Barbacoas. Par ailleurs, la limite de séquence de dépôt Sb6 correspond sans aucun doute à une surface d'érosion très importante pour au moins trois raisons :

1. les Lutitas de Guáimaras sont discontinues à l'échelle régionale, ce qui est déjà connu [García Jarpa *et al.*, 1980] et peut être observé en moins de 2 km aux alentours de San Pedro ;
2. la coupe naturelle du Paramo de los Capuchinos, le long de la Quebrada de Porras (entre Barbacoas et Humocaró Bajo) montre à ce niveau, bien au-dessus des calcaires inférieurs de la formation Peñas Altas, une superbe surface de troncature avec disposition en toplaps des paraséquences sous-jacentes ;
3. la séquence de dépôt 6 est caractérisée, dans certains sondages du Lac de Maracaibo, par la présence

FIG. 24. – Corrélation des coupes du niveau calcaire inférieur de la formation Peñas Altas (Barrémien supérieur ? - Aptien inférieur, séquences de dépôt 2 à 5). Remarquer du sud vers le nord, c'est-à-dire vers l'extérieur de la plate-forme : 1/ le développement des niveaux argileux, 2/ l'apparition de paraséquences calcaires épaisses dans le prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 3 (coupe de Curarigua), 3/ l'apparition et le développement des faciès à rudistes au sommet des PHN des coupes de La Loma et de Curarigua. Enfin, de profondes vallées incisées existent certainement dans cette région (début des coupes de Jabón et de La Loma au niveau de la séquence de dépôt 3 seulement).

FIG. 24. – Peñas Altas formation, lower carbonate level (Late Barremian ? - Early Aptian): correlations of the studied sections. Note, from the south to the north, towards the outer shelf: 1/ the development of clayey levels, 2/ the appearance of thick calcareous parasequences into HST (depositional sequence 3, Curarigua section), 3/ the appearance and development of rudists into HST of La Loma and Curarigua sections. Deep incised valleys occur probably in this region owing to the proposed correlations and field observations.

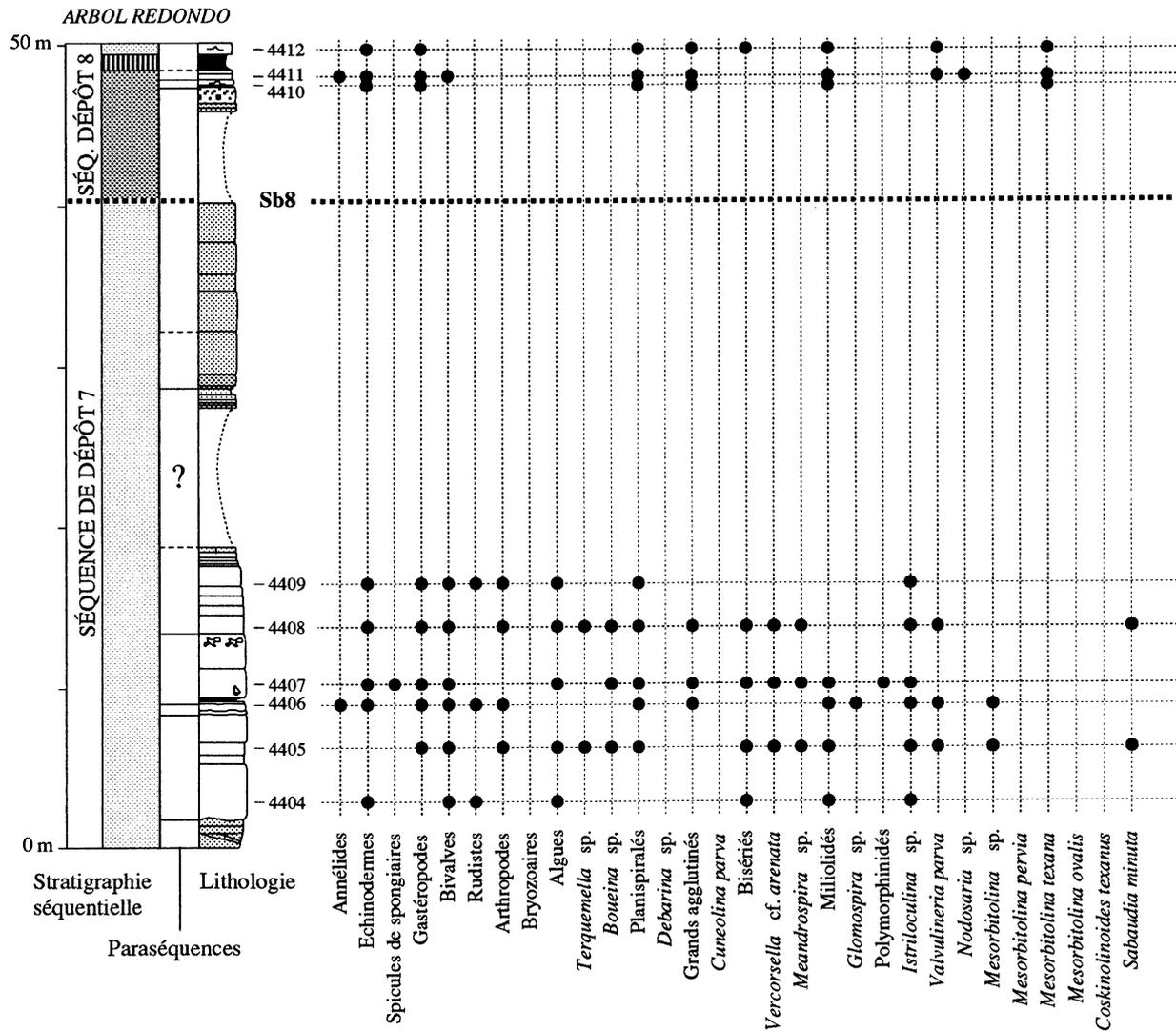


FIG. 25. – Coupe d'Arbol Redondo (haut) : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 13 et 50.

FIG. 25. – Arbol Redondo section (upper part): repartition of foraminifers and bioclasts. Location of the section and legend: see figures 13 and 50.

d'un prisme de bas niveau, fait unique pour la série Barrémien (?) - Albien de tout ce secteur.

La présence de ces troncatures et de ces vallées incisées au niveau de la limite Sb6 traduirait l'existence à l'Aptien supérieur (Gargasien) d'une chute importante suivie par une remontée tout aussi importante et rapide du niveau de la mer.

#### 4.4. Le niveau calcaire supérieur (séquences de dépôt 7 et 8)

Le niveau calcaire supérieur de la formation Peñas Altas est beaucoup moins visible que le niveau inférieur pour trois raisons principales : faible épaisseur relative, discontinuité des affleurements, probablement en raison de ravinements importants au niveau des limites

de séquences de dépôt, et présence de glissements de terrain dans les grès altérés de la formation Peñas Altas.

Du point de vue lithologique, ce niveau, épais d'une cinquantaine de mètres seulement, est caractérisé par de grandes variations latérales d'épaisseur et de faciès et par des niveaux marneux très riches en *Mesorbitolines*. Quatre coupes ont été détaillées, du sud au nord : Arbol Redondo, Jabón (coupe de la route de La Pastora à Jabón), San Pedro (coupe de la Fila San Francisco) et La Loma au nord-ouest d'El Tocuyo (coupe du Cerro Los Platonos).

L'interprétation séquentielle est incomplète, comme pour le niveau calcaire inférieur de la formation Peñas Altas, car les grès sous- et sus-jacents n'ont pas fait l'objet d'étude. Deux séquences de dépôt (**séquences de**

dépôt 7 et 8) ont été reconnues, caractérisées par le grand développement des intervalles transgressifs et l'absence des prismes de bas niveau.

#### 4.4.1. La coupe d'Arbol Redondo

Levée en 1989 le long de la route Flor de Patria-Bocono, cette coupe qui est en continuité d'affleurement avec celle du niveau calcaire inférieur, était en 1996 complètement recouverte par des glissements de terrain.

La limite de séquence de dépôt Sb7 a été placée au sommet des épaisses paraséquences de grès massifs du prisme de haut niveau de la séquence de dépôt 6. L'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 7 débute par des grès plus fins et plus argileux surmontés d'abord par des bancs calcaires massifs, faiblement bioclastiques, à surface inférieure parfois ravinante, puis par deux paraséquences inframétriques, très bioclastiques, à Mésorbitolines, grands terriers de *Thalassinoides* et surfaces ravinantes (fig. 25). Le maximum de transgression correspond à une mince niveau marneux à Mésorbitolines. Le prisme de haut niveau débute par des paraséquences calcaires métriques, faiblement bioclastiques, à *Tylostoma* et *Pholadomya*, renfermant parfois des *Spongeliomorpha* au sommet ; vers le haut, les calcaires passent à des calcaires gréseux peu développés, puis à des grès silteux, micacés, à débris charbonneux et nombreux terriers de *Thalassinoides* et *Planolites* et enfin à des grès grossiers à laminations parallèles et débris de plantes.

La limite de séquence Sb8 se situe malheureusement dans un intervalle sans visibilité. L'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 8 débute par des grès fins, puis par un banc de grès grossiers à intraclastes pluricentimétriques de pélites et de calcaires micritiques. Les dernières paraséquences visibles, d'épaisseur inframétrique, correspondent à des calcaires silteux, des calcaires argileux et des marnes à *Mesorbitolina texana*. Le passage aux grès sus-jacents n'a pas été observé.

#### 4.4.2. La coupe de la route La Pastora-Jabón

Cette coupe débute quelques mètres au-dessus du niveau gréseux médian de la formation Peñas Altas (fig. 26). La limite de séquence Sb7 se trouve dans les grès, mais n'a pas été observée. La séquence de dépôt 7 est représentée dès le début de la coupe par un intervalle transgressif très riche en Mésorbitolines, constitué par de nombreuses paraséquences marnes-calcaires argileux. Les marnes renferment aussi des oursins irréguliers et des bivalves endobiontes. Le maximum de transgression correspond à un niveau marneux épais, localité-type de *Mesorbitolina ovalis* GÖROG & ARNAUD-VANNEAU. Au-dessus, le prisme de haut niveau débute par deux paraséquences de marnes et calcaires

argileux encore très riches en Mésorbitolines et s'achève par deux gros bancs calcaires faiblement bioclastiques comportant à leur sommet de très nombreux rudistes *Caprinuloidea perfecta* PALMER (fig. 27).

La limite de séquence Sb8 correspond à une surface d'émersion très irrégulière soulignée par des dissolutions précoces et une paléokarstification qui se traduit dans le banc calcaire sous-jacent par des cavités de dimensions pluricentimétriques à décimétriques remplies par de la micrite à Mésorbitolines. Plus au sud-ouest, le long de la route de Torococo, la limite Sb8 est très similaire, mais en outre le premier banc situé au-dessus de la limite Sb8, formé par de la micrite à Mésorbitolines, renferme des traces de racines qui pénètrent aussi dans les cavités du paléokarst.

La séquence de dépôt 8 est caractérisée par un intervalle transgressif très réduit, débutant par un banc de micrite à Mésorbitolines surmonté par des calcaires dolomitiques, puis des calcaires argileux dans lesquels un mince niveau plus micacé a été interprété comme le maximum de transgression. Le prisme de haut niveau est constitué par plusieurs paraséquences dans l'ensemble stratocroissantes. Les premières sont constituées par des calcaires argileux surmontés par des calcaires bioclastiques tandis que les suivantes sont formées uniquement par des calcaires bioclastiques en bancs métriques ou plurimétriques, à algues, gastéropodes (*Neoptyxis astrachanica* (REHBINDER) et *Harpagodes* notamment) et nombreux grands miliolidés. La dernière paraséquence calcaire se charge progressivement de grains de quartz vers le haut, puis passe aux grès massifs du niveau gréseux supérieur de la formation Peñas Altas.

#### 4.4.3. La coupe de la Fila San Francisco

Cette coupe a été levée au nord-est de San Pedro, sous la crête qui supporte le relai de télévision (fig. 28). Elle débute au sommet d'un replat par un épais niveau marneux très riche en Mésorbitolines, représentant probablement la maximum de transgression de la séquence de dépôt 7. Le prisme de haut niveau comporte plusieurs paraséquences stratocroissantes : la première est formée de calcaires argileux à Mésorbitolines tandis que les deux suivantes renferment des *Gervillia* et des rudistes, parfois disposés en colonies. La limite de séquence Sb8 est très ravinante, mais n'a pas pu être détaillée compte tenu des conditions d'affleurement. Elle est surmontée par un intervalle transgressif de faible épaisseur qui débute localement par un mince niveau de micrite à Mésorbitolines, puis par un banc très riche en *Gervillia* dont les deux valves sont allongées parallèlement à la stratification. Au-dessus du maximum de transgression représenté par un niveau argileux peu visible, la base du prisme de haut niveau (*early highstand*) est formée par une succession de paraséquences d'épaisseur plurimétrique. Dans l'ensemble stratocroissantes, elles sont représentées

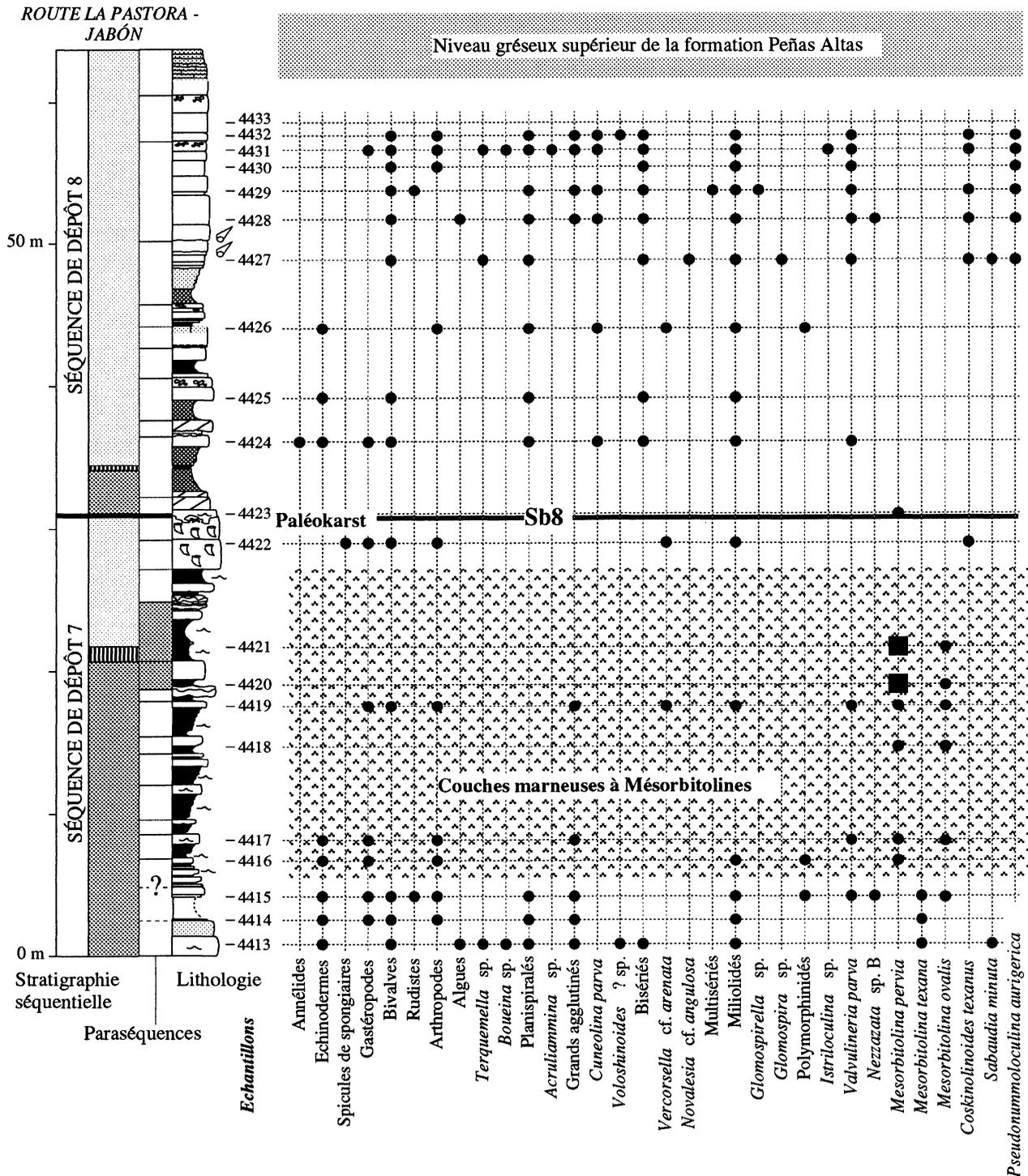


FIG. 26.— Coupe de la route La Pastora-Jabón : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 16 et 50.

FIG. 26.— La Pastora-Jabón road section : repartition of foraminifers and bioclasts. Location of the section and legend: see figures 16 and 50.

essentiellement, d'abord par des calcaires gréseux, puis par des calcaires à *Spongeliomorpha* et enfin par des grès plus ou moins grossiers. Au sommet du prisme de haut niveau (*late highstand*), les paraséquences gréseuses, d'épaisseur décamétrique, sont de type *shallowing-up* ; elles débutent par des dépôts marins peu profonds et se terminent par des dépôts de milieu

émérgés. La première de ces paraséquences montre à son sommet des dépôts de mangrove et de plage avec, de bas en haut (fig. 9) ; 1) des grès argileux fins à nombreuses bioturbations et fragments de coquilles (milieu réducteur avec dissolution partielle des coquilles), 2) des grès fins à terriers d'*Arenicolites* et traces de racines (*Rhizophora*), 3) des grès fins à



FIG. 27.— Le banc de calcaire à *Caprinuloidea perfecta* (PALMER) du sommet de la séquence de dépôt 7 (coupe de la route La Pastora-Jabón). C : section de *C. perfecta*. D'autres rudistes et des gastérodopes sont également visibles. Noter que les coquilles sont fragmentées et qu'elles ont subi un transport. Pour la localisation dans la coupe, se reporter à la figure 26.

FIG. 27.— *Caprinuloidea perfecta* (PALMER) in the upper part of depositional sequence 7 (La Pastora-Jabón section). C: *C. perfecta* section. Other rudist and gasteropod sections are common. Note that most of the shells are generally broken and reworked. See figure 26 for location.

laminations planes à la base et laminations obliques entrecroisées au sommet (§ 2.2.1). La deuxième de ces paraséquences débute par deux tempestites d'épaisseur inframétrique, granoclassées, constituées de micro-conglomérats passant vers le haut à des grès fins, et s'achève par des grès massifs à litages plans. La troisième débute par un niveau décimétrique ravinant de microconglomérat granoclassé, surmonté d'abord par 1,50 m de micro-conglomérat à base ravinante, rhodolithes et fragments remaniés d'*Amphidonte conica* (SOWERBY) passant vers le haut à des grès à litages festonnés, puis par des grès à litages plans, enfin par une petite barre de grès grossiers à lamines décimétriques concaves vers le haut, correspondant à une barre sableuse ou à une dune éolienne. La partie basale de la quatrième est formée par des calcaires gréseux fins surmontés de grès fins à grossiers, généralement mal classés, à fragments d'*Amphidonte conica* (SOWERBY).

#### 4.4.4. La coupe de La Loma (Cerro Los Platonos)

Cette coupe se distingue des précédentes par l'absence de niveaux à Mésorbitolines et par la présence de trois barres calcaires séparées par des niveaux gréseux décamétriques (fig. 29). En dépit de sa localisation très septentrionale qui permet d'expliquer les différences constatées, rien n'étaye sans ambiguïté son appartenance aux séquences de dépôt 7 et 8 telle que proposée ci-après.

La première falaise calcaire, légèrement glissée dans la pente, surmonte des grès peu visibles et appartiendrait à la partie supérieure de la séquence de dépôt 7 ; elle est constituée par six paraséquences calcaires, dans l'ensemble stratodécroissantes (*thinning-up*) vers le haut. À la base, les paraséquences sont formées par des biomicrites faiblement bioclastiques surmontées par des calcaires à *Teleoptyxis peruviana* (OLSSON) et nombreux rudistes (en particulier des *Toucasia* ou *Pseudotoucasia*). Au sommet, elles comportent des faciès à rudistes surmontés par des micrites à *bird's eyes* et, souvent, nombreux *Spongiomorpha*. Ces calcaires sont surmontés par une quinzaine de mètres de grès qui n'ont pas été détaillés et constituent le *late highstand*.

La limite de séquence de dépôt Sb8, très ravinante, surmonte des grès à litages obliques unidirectionnels. Au-dessus, l'intervalle transgressif débute par une paraséquence métrique de grès mal classés renfermant quelques grands rudistes remaniés et une grosse colonie de madréporaires (fig. 6). La deuxième paraséquence, à base très ravinante, d'abord légèrement gréseuse, est caractérisée ensuite par un niveau à nombreux rudistes passant vers le haut à des micrites à très beaux oncolites et *Spongiomorpha*. Les paraséquences suivantes, peu épaisses, sont bioclastiques, à rares gastéropodes. Le maximum de transgression correspond à un niveau marneux métrique, très riche en *Ceratostreon* remaniés, bivalves endobiontes en position de vie, gastéropodes, annélides et fragments d'oursins. La première paraséquence du prisme de haut niveau, toujours riche en gastéropodes (dont *Harpagodes*) et bivalves, se termine par un niveau à *Spongiomorpha*. Au-dessus d'une quinzaine de mètres de grès, la troisième falaise calcaire, très massive, est formée par cinq paraséquences calcaires d'épaisseur plurimétrique. Ces paraséquences montrent de bas en haut des biomicrites à rares fragments de bivalves, des niveaux souvent très riches en *Gervillia* et rudistes, des micrites à biomicrites qui se chargent rapidement en grains de quartz détritiques. Les Mésorbitolines sont présentes en petit nombre à ce niveau. Des *Spongiomorpha* existent parfois au sommet des paraséquences. La dernière paraséquence calcaire est surmontée par un niveau très ravinant et très irrégulier de grès à ciment calcaire, riche en intraclastes micritiques anguleux pluricentimétriques ; ce niveau, lui-même surmonté par une surface d'érosion très irrégulière, pourrait

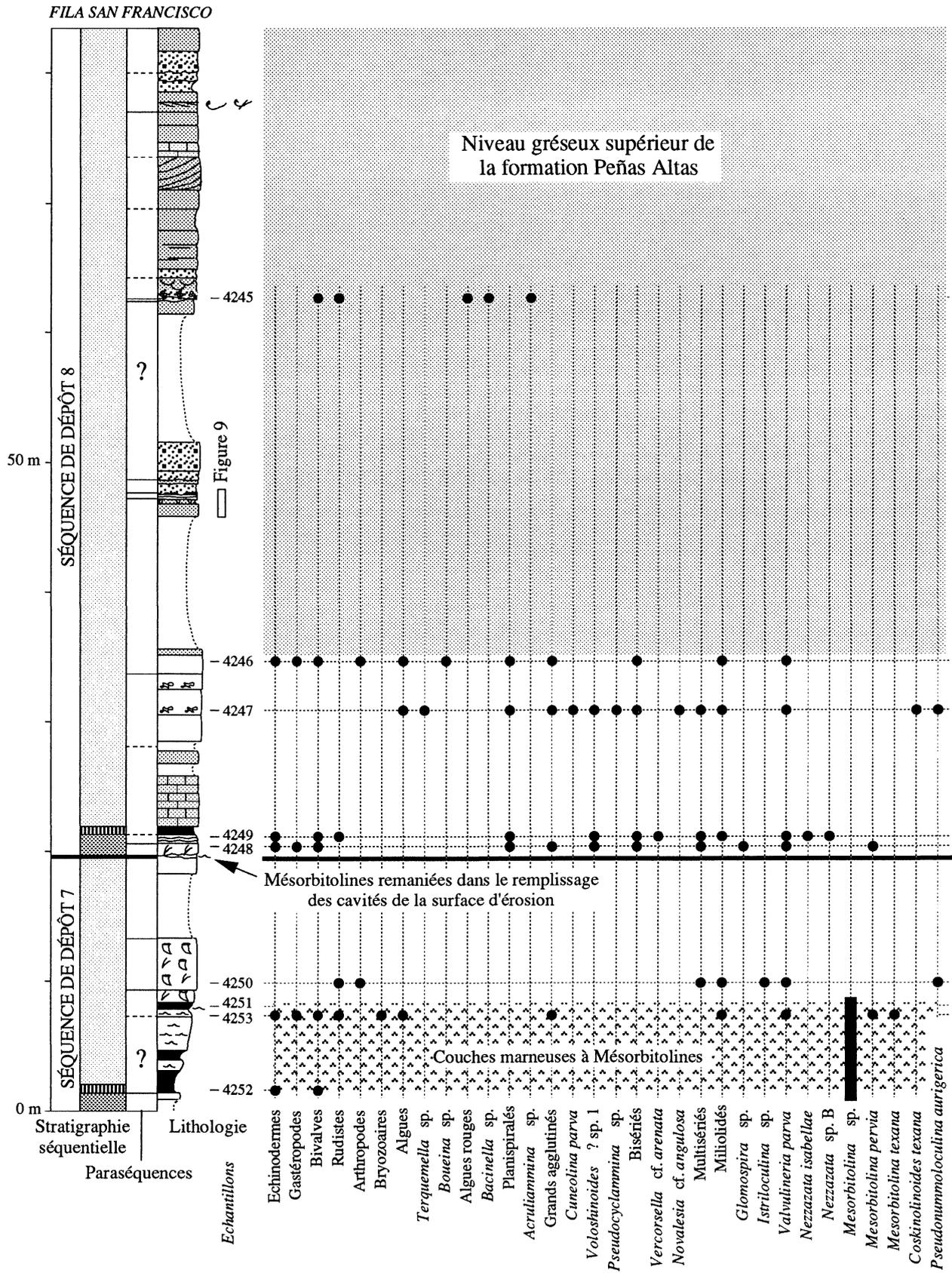


FIG. 28.— Coupe de la Fila San Francisco (San Pedro) : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 16 et 50.

FIG. 28.— The Fila San Francisco section (San Pedro): repartition of foraminifera and bioclasts. Location of the section and legend: see figures 16 and 50.

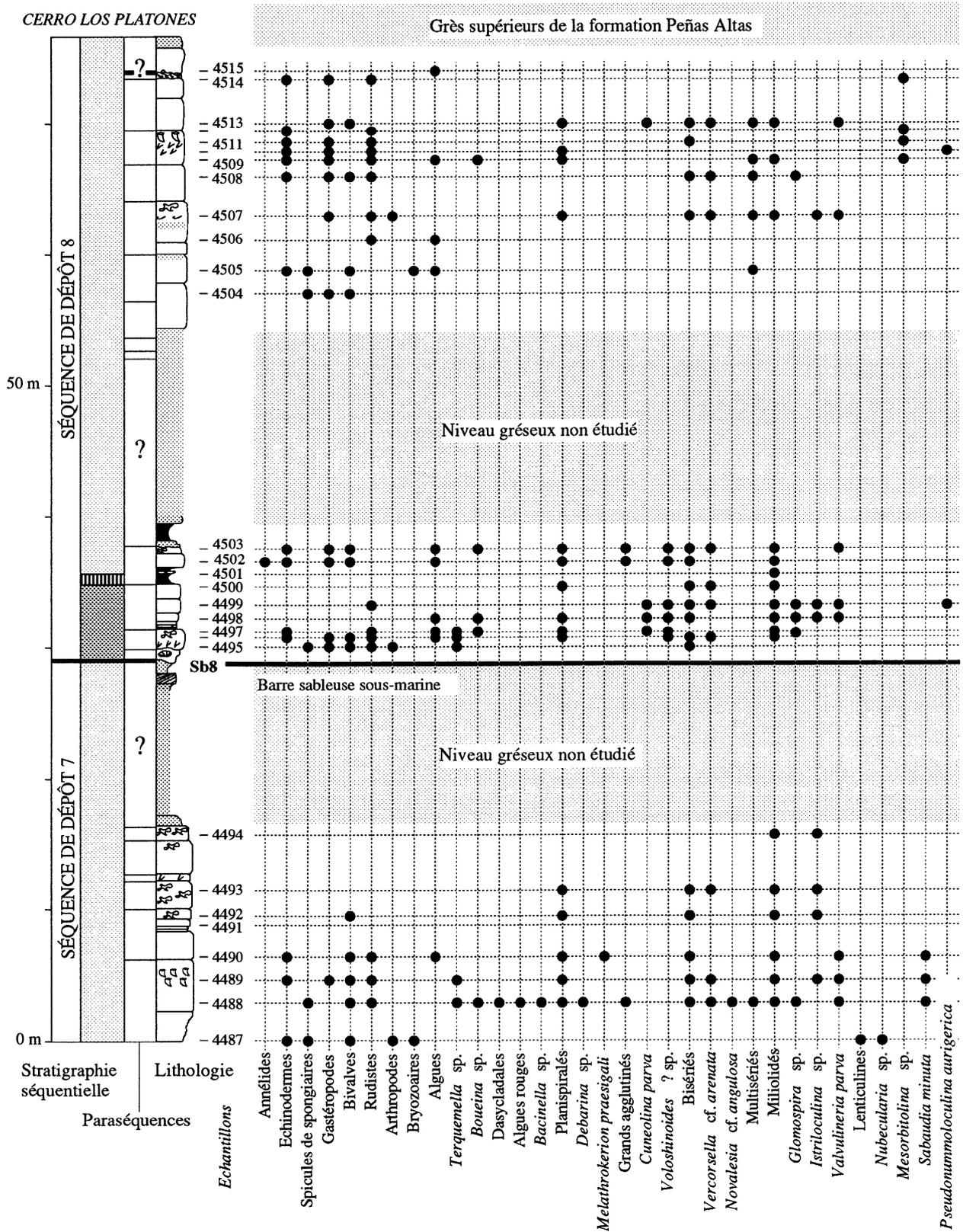


FIG. 29.— Coupe du Cerro los Platonos (La Loma) : répartition des foraminifères et des principaux bioclastes. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 19 et 50.

Fig. 29.— Cerro Los Platonos section: repartition of foraminifers and bioclasts. Location of the section and legend: see figures 19 and 50.

correspondre à un paléosol. Le niveau gréseux supérieur de la formation Peñas Altas débute au-dessus de cet ensemble carbonaté.

#### 4.4.5. Biostratigraphie

Les microfaunes rencontrées dans le niveau calcaire supérieur sont typiques de la Téthys occidentale (Texas, Mexique). Ceci traduit l'existence à cette époque d'une paléogéographie fondamentalement différente de celle du niveau calcaire inférieur qui renfermait au contraire des populations tout à fait semblables à celles de la marge sud de la Téthys orientale.

Sur un plan plus général, cette microfaune est dans l'ensemble pauvre et dépourvue de bons marqueurs stratigraphiques ; elle est caractérisée par l'absence totale de Choffatelles, la présence et l'abondance des Mésorbitolines dans les intervalles transgressifs, l'existence de deux associations distinctes de foraminifères qui permettent de séparer les séquences de dépôt 7 et 8.

La séquence de dépôt 7 est caractérisée surtout par l'abondance des Mésorbitolines dans l'intervalle transgressif de la base de la séquence de dépôt 7. Trois espèces ont été reconnues grâce à leurs appareils embryonnaires : *Mesorbitolina texana* dès la base, *Mesorbitolina pervia* et *Mesorbitolina ovalis* qui apparaissent plus haut dans les coupes étudiées et qui remplacent la première quelques mètres au-dessus de la base des coupes de la route La Pastora-Jabón et de la Fila San Francisco. La première est connue dans l'intervalle Aptien supérieur-Albien moyen et la seconde à l'Aptien supérieur-Albien du Texas et du Mexique. Il semble cependant (A. Arnaud-Vanneau et A. Görog, travaux en cours) que ces Mésorbitolines à appareil embryonnaire hémisphérique et partie inférieure plane n'existent nulle part plus haut que l'Albien inférieur, contrairement aux autres Mésorbitolines à appareil embryonnaire subsphérique.

La séquence de dépôt 8 est caractérisée par l'apparition des quatre genres *Voloshinoides* ?, *Cuneolina*, *Pseudonummoloculina* et *Coskinoloides*. Cette apparition n'est peut-être pas seulement stratigraphique, mais pourrait être liée au développement, au-dessus de l'intervalle transgressif basal, de faciès carbonatés de plate-forme favorables à leur épanouissement.

Dans le détail, les représentants de l'espèce *Voloshinoides* ? sp. apparaissent en premier (dès la base de la séquence de dépôt 8 dans les coupes du Cerro Los Platones, fig. 29, et de la Fila San Francisco, fig. 28), suivis généralement par les premiers représentants du genre *Cuneolina* et enfin par les *Pseudonummoloculina* et les *Coskinoloides* (ces deux derniers genres rencontrés seulement dans la partie supérieure de la séquence de dépôt 8). En dehors de ces quatre genres, il faut noter également la présence de *Mesorbitolina*

*pervia* dans la partie basale de l'intervalle transgressif (coupes de la route La Pastora-Jabón et de la Fila San Francisco, fig. 26 et 28) et de quelques sections de Mésorbitolines spécifiquement indéterminées dans les calcaires massifs du sommet de la coupe du Cerro Los Platones (fig. 29).

Du point de vue stratigraphique, aucune datation précise ne peut être donnée pour deux raisons principales :

1) *Mesorbitolina texana* et *Mesorbitolina pervia* ont été décrites au Texas dans des niveaux très mal datés, de sorte que leur attribution à l'Aptien supérieur-Albien moyen ne peut pas être considéré comme établi par rapport à la zonation de la Téthys orientale ;

2) les autres genres cités concernent des formes relativement peu connues, mais qui ont été rencontrées par A. Arnaud-Vanneau dans les coupes du Mexique septentrional décrites par Ortuno-Arzate [1985] et relativement bien datées par des ammonites.

En dépit de ces inconnues, le niveau calcaire supérieur semble se situer autour de la limite Aptien-Albien pour au moins trois raisons :

1) *Mesorbitolina texana* et *Mesorbitolina pervia* sont connues de l'Aptien supérieur à l'Albien moyen, d'après la littérature. *Mesorbitolina ovalis* a été également décrite dans des niveaux de la coupe de La Maravilla (Venezuela oriental, région de Bergantin) qui, d'après O. Macsotay auraient livré des ammonites de l'Aptien supérieur [Görog et Arnaud-Vanneau, 1996] ;

2) les quatre espèces qui apparaissent dans la séquence de dépôt 8 caractérisent toutes l'Albien et sont connues : *Voloshinoides* ? sp. dans la partie moyenne de l'Albien inférieur du Mexique, *Cuneolina parva* à l'Albien, *Pseudonummoloculina aurigerica* (formes primitives) à l'Albien, *Coskinoloides texanus* dans l'Albien moyen du Mexique ;

3) *Pseudochoffatella cuvillieri*, espèce typique de l'Aptien supérieur a été reconnue par A. Arnaud-Vanneau, grâce à un sondage du Lac de Maracaibo, dans la partie supérieure de la séquence de dépôt 7.

En conséquence, nous proposons d'attribuer la séquence de dépôt 7 à l'Aptien supérieur et la séquence de dépôt 8 à l'Albien inférieur. La limite de séquence de dépôt Sb8 serait alors très proche de la limite Aptien-Albien, compte tenu de l'absence du prisme de bas niveau et de la plus grande partie de l'intervalle transgressif de la séquence 8 dans la région considérée.

#### 4.4.6. Conclusions

Hormis la coupe du Cerro Los Platones qu'il est difficile de corréliser précisément avec les autres et qui pourrait appartenir à un niveau différent de l'Albien, les carbonates de l'Aptien terminal-Albien inférieur autorisent cinq conclusions (fig. 30).

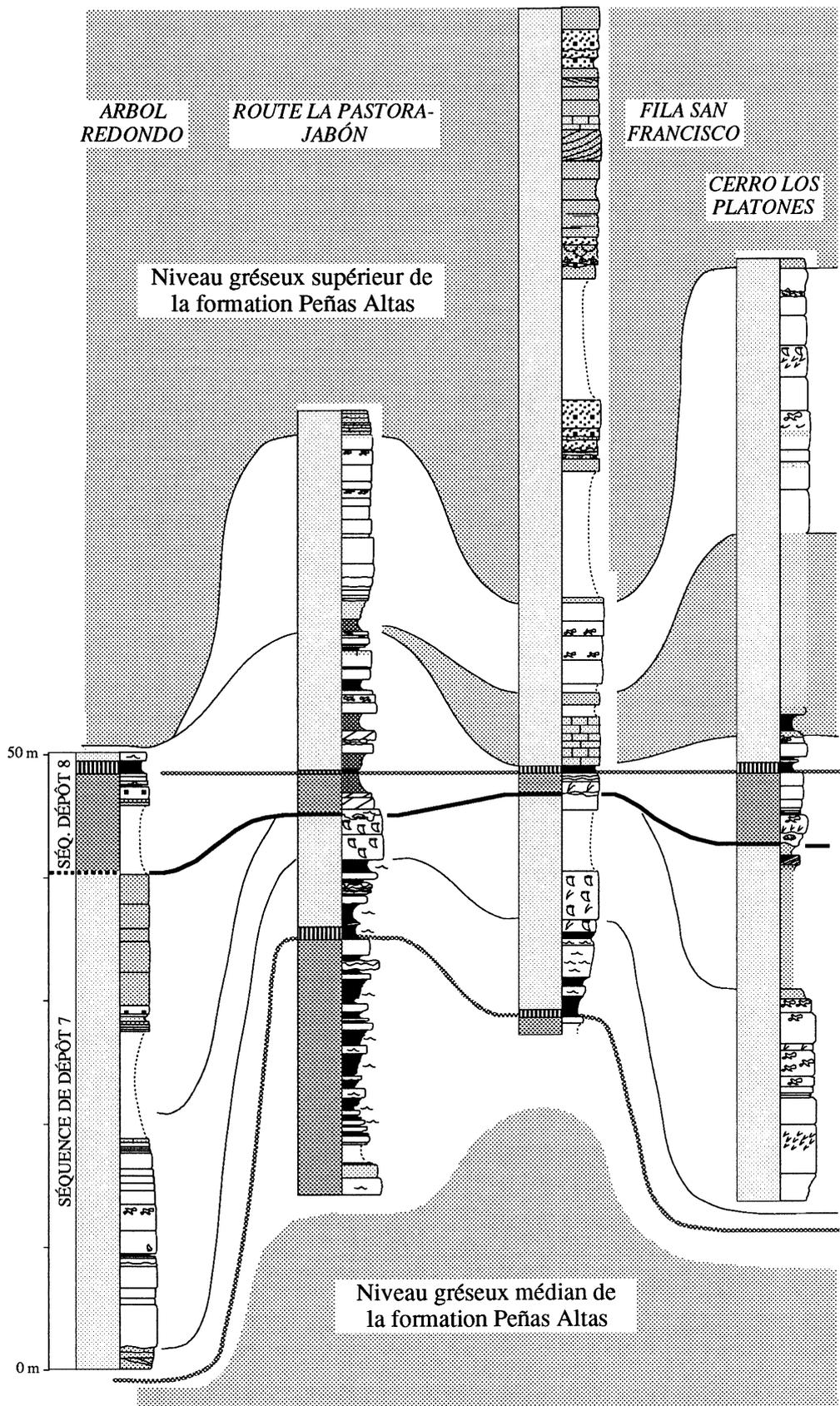


FIG. 30.— Corrélation des coupes du niveau calcaire supérieur de la formation Peñas Altas (Aptien supérieur – Albien inférieur, séquences de dépôt 7 et 8). Le maximum de transgression de la séquence de dépôt 8 a été figuré arbitrairement à l'horizontale. Les variations au sein de la séquence de dépôt 8 soulignent bien l'irrégularité et les profondes érosions le long de la surface Sb8.

FIG. 30.— Peñas Altas formation, upper carbonate level (Late Aptian-Early Albian, depositional sequences 7 and 8). Variation in thicknesses into the depositional sequence 8 correspond to the presence of deep incised valleys and very irregular surface along sequence boundary Sb8.

1) Les niveaux calcaires sont discontinus à l'affleurement, ce qui s'observe bien entre San Pedro et Barbacoas par exemple, disposition qui traduit probablement des remplissages de profondes vallées incisées.

2) Les prismes de haut niveau des séquences de dépôt 7 et 8 sont très calcaires, caractérisés par le développement des communautés à rudistes au nord de la région étudiée (de Jabón à La Loma).

3) L'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 8 est très réduit, ce qui traduirait l'inondation tardive de la plate-forme après l'exondation de la limite Aptien-Albien.

4) La limite de séquence de dépôt Sb8 est très érosive et caractérisée par la présence de paléokarsts ; cette paléokarstification, qui souligne l'importance de l'abaissement du niveau relatif de la mer à la limite Aptien-Albien, pourrait être responsable de la disparition latérale du prisme de haut niveau très calcaire de la séquence de dépôt 7 (fig. 48).

5) Du point de vue stratigraphique, les données paléontologiques et les corrélations à l'échelle régionale plaident pour l'appartenance à l'Aptien supérieur de la séquence de dépôt 7 et à l'Albien inférieur de la séquence de dépôt 8.

#### 4.5. Les séquences de dépôt 9 et 10

Le niveau gréseux supérieur de la formation Peñas Altas, d'âge albien inférieur et moyen, renferme au moins deux minces niveaux calcaires qui peuvent être interprétés comme les indices de périodes de rétrogradation maximale de la sédimentation détritique terrigène, donc comme les maxima de transgression potentiels de deux séquences de dépôt (séquences 9 et 10). Ils ont été observés en deux points, d'une part dans la coupe de La Urbina, à l'est de Trujillo, et d'autre par le long de la route de Torococo où ils nous ont été montrés par O. Odreman.

Le long de la route de Torococo, le niveau calcaire inférieur, situé au moins à 30-40 m au-dessus des couches à *Mésorbitolines* des séquences de dépôt 7 et 8, correspond à quelques bancs calcaires intercalés dans les grès, avec au sommet un très beau banc de calcaire oolitique. Le niveau calcaire supérieur est représenté par quelques gros bancs de calcaires à rudistes parmi lesquels de nombreux *Caprinidés*. Ces bancs massifs doivent appartenir à un prisme de haut niveau.

La coupe de La Urbina (fig. 31) permet d'observer correctement le niveau gréseux supérieur de la formation Peñas Altas et le passage aux carbonates sous-jacents du membre La Puya. Un mince niveau oolitique est interprété comme le maximum de transgression de la séquence de dépôt 9. Au-dessous, l'intervalle transgressif comporte : 1) des grès arkosiques grossiers surmontés par des grès fins en petits bancs à ripples et *Arenicolites* (pour la localisation, se reporter à la

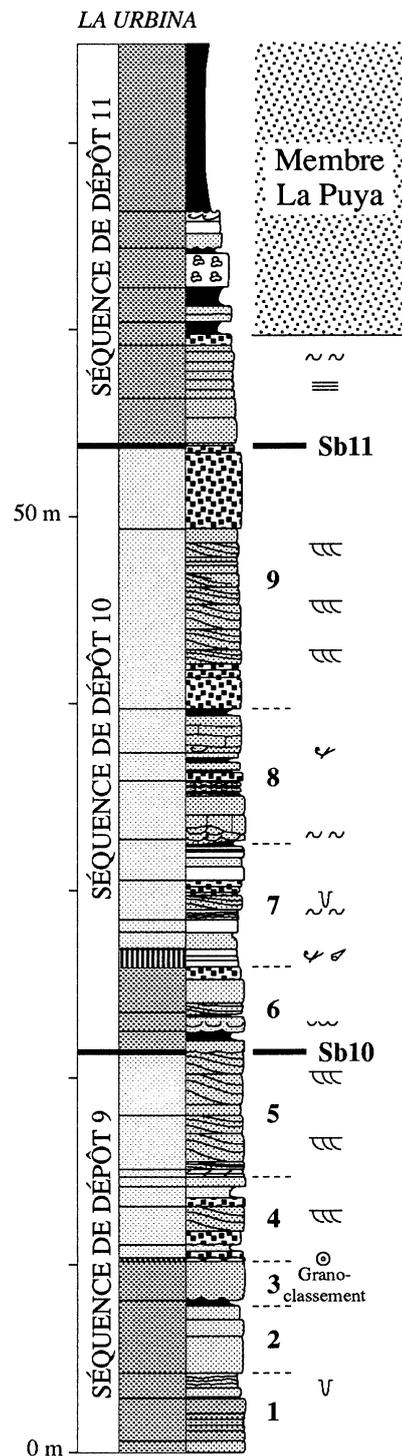


FIG. 31.— Coupe de la partie terminale des grès de la formation Peñas Altas aux alentours de La Urbina (coupe de La Urbina sud, à l'est de Trujillo). Se reporter au texte pour la description sommaire des niveaux 1 à 9 (pour le membre La Puya, voir la figure 33). Les traits horizontaux de la colonne stratigraphie séquentielle représentent les limites des paraséquences. Les bancs calcaires sont en blanc. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 13 et 50.

FIG. 31.— Upper part of the Peñas Altas sandstones near La Urbina, east from Trujillo (La Urbina south section). See text for the schematic description of levels 1 to 9. For the upperlying La Puya member, see figure 33. Parasequence boundaries correspond to horizontal lines on the sequence stratigraphy column. Limestone beds are in white and sandstones are dotted. Location of the section and legend: see figures 13 and 50.

figure 31) ; 2) des grès mal classés à ciment localement calcaire ; 3) une paraséquence à base ravinante de grès granoclassés. Au-dessus du banc oolitique, le prisme de haut niveau comporte : 4) quatre paraséquences à base légèrement ravinante, de grès grossiers passant vers le haut à des grès fins non lités ou à litages entrecroisés peu développés (la dernière paraséquence est à ciment calcaire) ; 5) un banc de micrite dolomitique surmonté par deux paraséquences plurimétriques de grès parfois grossiers, sans litages à la base et à litages entrecroisés bien développés au sommet (grandes barres sableuses marines de faible profondeur).

La limite de séquence de dépôt Sb10 correspond à une surface ravinante et à un important changement lithologique. L'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 10, peu développé (6, fig. 31), est formé d'abord par deux paraséquences gréseuses à litages festonnés à la base, plus pélitiques au sommet, puis par une paraséquence gréseuse à éléments plus grossiers au sommet. Les carbonates constituent six paraséquences décimétriques intercalées dans les grès à litages obliques et *Arenicolites* (7, fig. 31) : la première est formée d'une biomicrite mal classée à fragments d'huîtres, les cinq suivantes, granoclassées, riche en gastéropodes et *Aetostreon* remaniés, correspondent à de petites tempestites (c'est à ce niveau que se place le maximum de transgression) tandis que la dernière, séparée des précédentes par un intervalle gréseux, est constituée par des micrites azoïques. Le prisme de haut niveau comporte :

- à la base (8) plusieurs paraséquences à base ravinante, de grès à ciment calcaire, à débris d'huîtres, passant vers le haut à des sédiments fins, souvent pélitiques, à ripples ;

- au sommet (9) deux paraséquences de grès grossiers, puis de grès à stratifications planes entrecroisées passant vers le haut à des stratifications sigmoïdes (grandes barres sableuses sous-marines peu profondes).

La limite de séquence Sb11 marque une rupture de sédimentation. La séquence de dépôt 11 débute par quelques mètres de grès qui passent verticalement aux carbonates du membre La Puya (§ 5.2).

*Sur un plan plus général*, ces deux niveaux calcaires n'ont pas pu être suivis sur le terrain en raison de leurs très faibles épaisseurs. Il n'est même pas certain qu'il n'en existe pas d'autres. Compte tenu de l'organisation géométrique des dépôts du Crétacé inférieur dans cette région, on peut imaginer cependant qu'ils puissent se développer vers le nord et le nord-ouest et donner naissance à des barres calcaires plus épaisses et éventuellement riches en rudistes. Une telle interprétation est fondée d'abord sur l'existence d'épais niveaux carbonatés contemporains sous le Lac de Maracaibo et ensuite sur la présence de gros bancs de calcaires à rudistes intercalés dans le « faciès Guayamure », niveau situé sous la formation La Luna au nord de Curarigua [Stephan, 1977].

## 5. – LE MEMBRE LA PUYA ET LA FORMATION LA LUNA

La partie supérieure du Crétacé et plus particulièrement la formation La Luna et ses équivalents latéraux ont fait l'objet de très nombreuses études stratigraphiques et paléogéographiques tant dans la région de Maracaibo [Rod et Maync, 1954 ; Renz, 1959, 1982 ; Gonzalez de Juana *et al.*, 1980, Macellari, 1988 ; Lugo et Mann, 1995 ; Parnaud *et al.*, 1995] que dans celle de Barinas-Apure [Rod et Maync, 1954 ; Renz, 1961 ; Kiser, 1961, 1989 ; Gaenslen, 1962 ; Chigne, 1985 ; Escamilla *et al.*, 1994 ; Helenes *et al.*, 1998]. Par ailleurs, les aspects géochimiques et leurs implications paléoclimatiques ou paléo-océanographiques ont été abordés ou détaillés par de nombreux auteurs tant au Venezuela [Ghosh, 1984 ; Tribovillard *et al.*, 1990, 1991 ; Martinez et Hernandez, 1992 ; Macellari et De Vries, 1987 ; Erlich *et al.*, 1999] qu'en Colombie [références dans Erlich *et al.*, *op. cit.*].

Pour notre part, nous nous bornerons d'abord à la description sommaire des coupes levées dans les régions de Lara-Trujillo et Barinas, puis nous proposerons des corrélations séquentielles entre ces deux secteurs séparés par la faille de Bocono.

Dans le secteur Lara-Trujillo, Renz [1968] situait le membre La Puya au sommet de la formation Peñas Altas et subdivisait la formation La Luna en trois membres (La Aguada, Chejendé et Timbetes). Nous utiliserons cette nomenclature bien que, du point de vue sédimentologique, le membre La Puya apparaisse plus comme le début de La Luna que comme la fin de la formation Peñas Altas ; de plus, s'agissant de La Luna, rappelons que les limites de Renz [1959 et 1968] pour ce secteur diffèrent de celles utilisées dans d'autres régions, comme indiqué sur la figure 3.

Les deux coupes de La Aguada, au sud de Curarigua, et de La Urbina, à l'est de Trujillo, ont été levées banc par banc. La coupe de Chejendé a été visitée, de sorte que les ammonites de cette coupe, appartenant à la collection Breistroffer déposée à l'Institut Dolomieu de Grenoble, peuvent être situées en raison des quelques spécimens trouvés sur place. Plusieurs séquences de dépôt peuvent y être distinguées montrant un approfondissement régulier des milieux de dépôt entre la base et le sommet de cette série Albien moyen à Coniacien-Santonien.

### 5.1. Coupe de La Aguada

Cette coupe célèbre a été levée le long du vieux chemin qui monte de Curarigua à Barbacoas et débute au niveau du dernier banc de l'intervalle gréseux supérieur de la formation Peñas Altas (fig. 32). À la base, le membre La Puya est caractérisé par l'abondance des bivalves et des bioclastes ; il correspond à l'essentiel de la séquence de dépôt 11 et à la base de la séquence de

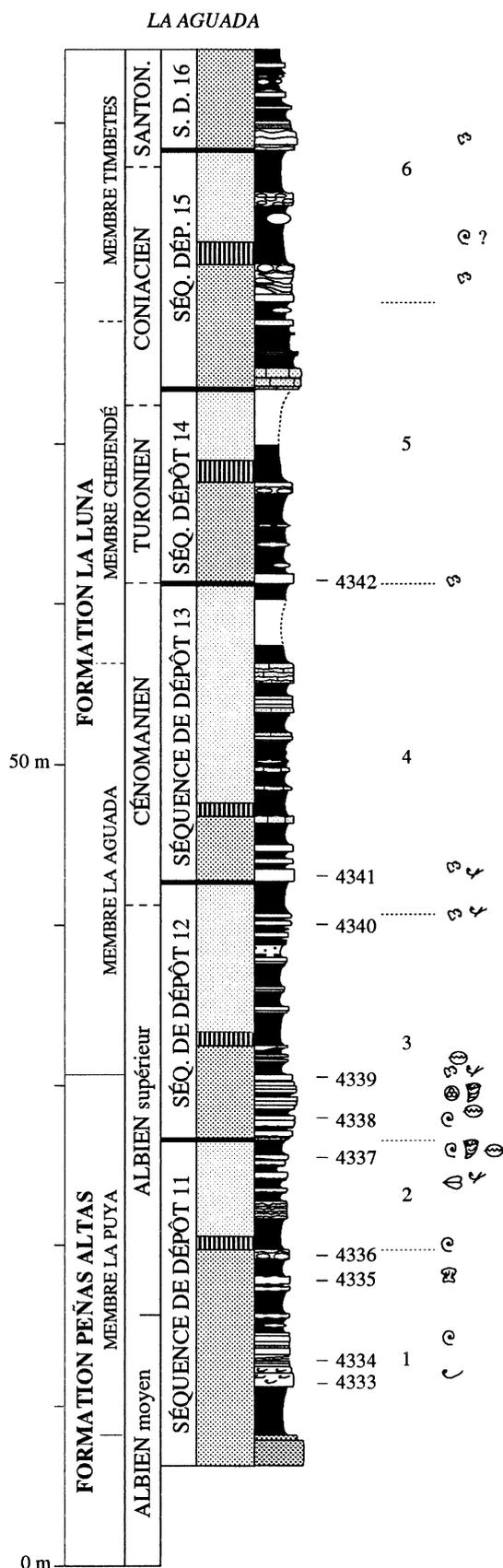


FIG. 32.- Coupe de La Aguada. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 16 et 50.

FIG. 32.- La Aguada section near Barbacoas. Location of the section and legend: see figures 16 and 50.

dépôt 12. Il est surmonté par la formation La Luna que nous faisons débiter conventionnellement avec les séries alternantes marnes-calcaire dépourvues de macrofaune et de grands bioclastes.

De bas en haut de cette coupe on distingue :

1 - Un ensemble de bancs calcaires assez épais séparés par des niveaux marneux d'épaisseur pluridécimétrique à métrique. À la base et au sommet de l'intervalle, les calcaires sont riches en grands bivalves épibiontes (*Trigones*, *Amphidonte conica*, *Cameleolopha scyphax*, *Neithea quadricostata*), radioles d'oursins irréguliers et ammonites. Le dernier banc renferme des brachiopodes et de nombreuses ammonites (§ 5.3). Il s'agit là de l'intervalle transgressif (IT) de la séquence de dépôt 11.

2 - Un ensemble de plusieurs cycles de marnes et de calcaires argileux correspondant au prisme de haut niveau (PHN) de la séquence de dépôt 11. Le maximum de transgression est fixé à la base du niveau marneux le plus épais. La macrofaune est beaucoup plus rare, représentée par quelques bivalves, notamment endobiontes (*Protocardia* sp., petites *Astarte* sp.). Le sommet de cet intervalle renferme à nouveau de petites ammonites, de petits polypiers et des fragments de brachiopodes. Les foraminifères pélagiques apparaissent, mais sont encore peu nombreux.

3 - La séquence de dépôt 12 débute par un petit ressaut formé par des alternances de calcaires bioclastiques et de marnes à petits foraminifères benthiques, puis à petits foraminifères pélagiques (IT). Des empreintes d'ammonites, de petits polypiers solitaires et des fragments de brachiopodes s'y observent. Il s'agit là du dernier niveau renfermant des macrofaunes que nous plaçons pour cette raison au sommet du membre La Puya. Au-dessus, les marnes, souvent micacées, deviennent prépondérantes. L'abondance relative des apports détritiques terrigènes est soulignée par la présence de petits bancs de calcaires gréseux et par des marnes très riches en quartz. Au sommet, les derniers bancs calcaires, à rares bioclastes, renferment de fines coquilles fragmentées et des foraminifères pélagiques.

4 - La séquence de dépôt 13 débute par trois gros bancs de calcaires argileux bioturbés (nombreux *Planolites*) à nombreuses petites Hedbergelles et rares fragments de coquilles, derniers témoins de la présence de macrofaune benthique dans cette coupe. La fin de l'IT et le PHN sont caractérisés par l'abondance relative des apports détritiques terrigènes (calcaires gréseux, grès fins à patine ocre à violet). C'est à partir du maximum de transgression (mfs) qu'apparaissent les premiers niveaux à fines laminations dont l'aspect est celui du faciès La Luna.

5 - La séquence de dépôt 14 débute par un gros banc calcaire dont les foraminifères pélagiques (parmi lesquels des *Asterohedbergella*), malheureusement de très petites tailles, indiquent un âge au moins

Cénomannien, et même Turonien pour certaines sections (éch. 4342, détermination M. Caron). Au-dessus se développe le faciès finement laminé typique de La Luna avec les premiers nodules dont les dimensions vont de 10 à 30 cm. Trois bancs de calcaires gréseux ou de grès encadrent le maximum de transgression. Un banc de calcaire dolomitique jaunâtre est présent vers le sommet de l'intervalle.

6 – La partie terminale de la coupe correspond aux séquences de dépôt 15 et 16. Peu épaisses, centrées autour des mfs, elles sont caractérisées par le développement des gros nodules pluridécimétriques. Quelques petits bancs de calcaires silteux ou finement gréseux sont visibles au sommet de l'intervalle. À la base, l'âge est au moins Coniacien, si l'on se réfère aux ammonites des niveaux comparables de la coupe de Chejendé.

## 5.2. Coupe de La Urbina

Cette coupe a été levée en deux parties, près du hameau de La Urbina, à 1600 m d'altitude environ, 5 km à l'est de Trujillo (fig. 13).

La coupe *La Urbina sud* a été mesurée le long de la piste qui part de La Urbina et rejoint la grande route Trujillo-Bocono. Elle comporte la partie sommitale des grès supérieurs de la formation Peñas Altas (§ 4.5) et la base du membre La Puya. Malheureusement, le haut de ce membre et la formation La Luna y affleurent très mal, n'en permettant pas l'étude détaillée.

La coupe *La Urbina nord* a été mesurée sur le versant sud d'une petite ligne de crête qui s'abaisse vers l'est à partir des dernières maisons du hameau de La Urbina. Cette coupe montre dans d'assez bonnes conditions le membre La Puya et la formation La Luna dont une faille masque la partie médiane (fig. 33).

Les niveaux suivants s'observent de bas en haut :

1– Au-dessus du dernier banc de l'intervalle gréseux supérieur de la formation Peñas Altas, les carbonates du membre La Puya débutent par un banc de calcaire gréseux à base ravinante, litages entrecroisés, fragments d'*Aetostreon minus*, et nombreux rhodolithes au sommet. Ce niveau à rhodolithes a une extension régionale car il existe aussi, dans la même position, à la base de la coupe de Chejendé.

2– De gros bancs de calcaires bioclastiques intercalés dans des marnes. La macrofaune est très abondante : grands gastéropodes et nombreux bivalves épibiontes (*Aetostreon minus*, *Amphidonte conica*, *Ceratostreon tuberculata*, *Cameleolopha scyphax*). Dans la coupe de La Urbina sud, les bancs se terminent par une surface durcie ferrugineuse.

3– Quatre bancs de calcaires bioclastiques, intercalés dans des marnes noires, très riches en bivalves : *Neithea quadricostata*, *Pseudomelania* sp., *Aetostreon minus*, *Amphidonte conica*, *Ostrea aucapitainii*, *Ceratostreon tuberculata*, *Linotrigonia*

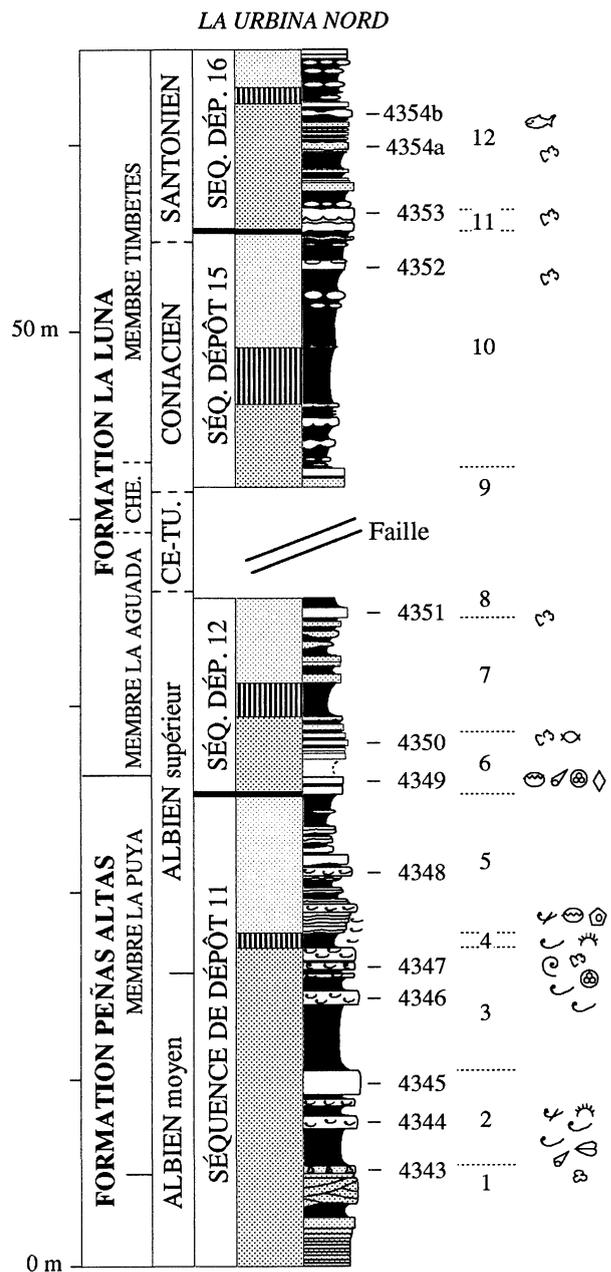


FIG. 33.– Coupe de La Urbina nord. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 13 et 50.

FIG. 33.– *La Urbina north section, east from Trujillo. Location of the section and legend: see figures 13 and 50.*

sp., *Cameleolopha scyphax*. Un *Brancoeras* sp. indiquerait l'Albién moyen terminal ou l'Albién supérieur.

4– Un niveau marneux (70 cm) à oursins irréguliers et nombreux bivalves non transportés avec leurs deux valves en connexion. Ce niveau très riche en faune a été interprété comme la mfs de la séquence de dépôt 11.

5– Un ensemble de marnes et de bancs calcaires bioclastiques dont les deux premiers renferment de nombreux *Aetostreon*. Au sommet, ces calcaires renferment de petits brachiopodes.

6– Quelques bancs décimétriques de calcaires gris, dolomités, à petits brachiopodes et foraminifères benthiques. Le dernier banc renferme de nombreux gastéropodes carnivores (*Trochiidae*), des ostracodes et des foraminifères pélagiques. Ce niveau étant le dernier contenant des macrofaunes, nous l'interprétons comme la partie sommitale du membre La Puya.

7– Des alternances de marnes finement laminées et de calcaires silteux, d'aspect parfois lenticulaire et renfermant quelques gros grains de quartz détritique.

8– Un banc de 50 cm d'épaisseur de calcaire dolomitique à fines laminations parallèles et nombreux foraminifères pélagiques, surmonté par un épais niveau pélagique ou marneux dont seul la base affleure. Au-dessus, une faille interrompt la première partie de cette coupe.

9– La deuxième partie de la coupe débute par un banc de calcaire silteux passant vers le haut à un calcaire à brachiopodes, surmonté d'un banc de micrite noire.

10 – Ensemble de calcaires silteux en petits bancs irréguliers et de gros nodules elliptiques pluri-décimétriques de calcaires finement laminés, intercalés dans des marnes finement laminées.

11 – Petit niveau en relief de calcaires boudinés à nombreux foraminifères pélagiques et gros nodules elliptiques.

12 – Ensemble de petits bancs de grès silteux à ciment calcaire et de siltites finement laminées.

13 – Intercalations de niveau de nodules, de calcaires silteux et de pélites ou de marnes à fines laminations, écailles de poissons et foraminifères pélagiques. La coupe est interrompue au-dessus de ce niveau. C'est juste au-dessus de l'intervalle 13 que se trouverait le niveau glauconieux et phosphaté du Santonien-Campanien inférieur, connu à l'échelle régionale et qui pourrait être un équivalent latéral du membre Tres Esquinas de la formation Colón.

### 5.3. Âges et corrélations

C'est Karsten [1886] qui mentionna pour la première fois la population d'ammonites de la région de Barbacoas, mais c'est à Renz [1968, 1970, 1971 et 1972] que nous devons sa description et sa figuration détaillées ainsi que la datation Albien supérieur du toit du membre La Puya et de la base de la formation La Luna.

En effet, l'essentiel de l'ammonitofaune décrite par cet auteur provient du secteur de Barbacoas et notamment de la coupe de La Aguada. Les très beaux exemplaires figurés ont été recueillis dans les marnes surmontées du dernier banc calcaire du membre La Puya et, d'après sa figuration [Renz, 1968, fig. 2] dans le premier niveau marneux de La Luna (base du membre La Aguada). Cette faune localement très riche, est dominée par les représentants du sous-genre

*Venezoliceras* (25 % du total) et par ceux des genres *Endomoceras* (22 %) et *Hysterocheras* (21,6 %). Cette faune est aisée à situer, d'abord en raison de la présence d'empreintes d'ammonites observées sur le terrain, ensuite grâce à la comparaison entre la coupe schématique de Renz [1968, fig. 2] et celle que nous avons levée (fig. 34).

Cet horizon, et notamment le dernier banc du membre La Puya, a livré :

*Oxytropidoceras (Venezoliceras) intermedium* RENZ, *O. (Venezoliceras) karsteni* STIELER, *O. (Venezoliceras) commune* RENZ, *O. (Venezoliceras) multicostatum* RENZ, *O. (Venezoliceras) venezolanum* RENZ, *O. (Venezoliceras) madagascariense* (COLLIGNON), *O. (Venezoliceras) robustum* RENZ, *Parengonoceras elegans* RENZ, *Parengonoceras duplicatum* RENZ, *Parengonoceras barbacoense* RENZ, *Hysterocheras orbigny* (SPATH), *Hysterocheras aff. aguilerae* (BÖSE), *Hysterocheras carinatum* SPATH, *Hysterocheras aff. subbinum* SPATH, *Hysterocheras bucklandi* (SPATH), *Hysterocheras choffati* SPATH, *Hysterocheras andinum* RENZ, *Hysterocheras carinatum* SPATH, *Puzosia (Anapuzosia) tucuyensis* (VON BUCH), *Puzosia (Anapuzosia) multicostata* RENZ, *Puzosia (Anapuzosia) cf. hoffmanni* (GABB), *Puzosia (Anapuzosia) saintoursi* COLLIGNON, *Bhimaites stolocskai* (KOSSMAT), *Desmoceras (Desmoceras) latidorsatum* (MICHELIN), *Parengonoceras discoïdes* RENZ, *O. (Venezoliceras) clavicostatum* RENZ, *Knemiceras* sp., aff. *compressum* HYATT, *Knemiceras andinum* RENZ, *Knemiceras laraense* RENZ, *Neophlycticeras madagascariense* (COLLIGNON), *Neophlycticeras cf. brottianum* (D'ORBIGNY), *Prohysterocheras goodhalli* J. SOWERBY, *Mortoniceras arietiforme* (SPATH), *Mortoniceras pricei* (SPATH), *Mortoniceras prerostratum* (SPATH), *Mortoniceras nothum* (VAN HOEPEN), *Mortoniceras devonense* SPATH, *Mortoniceras cf. reticostatum* (SPATH) et *Mortoniceras cf. exile* (VAN HOEPEN),

Le membre La Aguada de la formation La Luna a livré plus haut, dans les « *Schichten 2* » dont la localisation probable est celle du sommet de la séquence de dépôt 12, *Oxytropidoceras (Laraiceras) laraense* RENZ et *O. (Laraiceras) nodosum* RENZ.

L'âge albien supérieur, zone à *Callihoplites auritus*, proposé par Renz [1971] pour le dernier banc du membre La Puya est parfaitement clair ; tout au plus, pouvons-nous maintenant situer cette faune au sommet de la zone à *Mortoniceras inflatum*, dans la sous-zone à *Callihoplites auritus* du nouveau schéma zonal du Crétacé inférieur de la région méditerranéenne [Hoedemaeker *et al.*, 1993] récemment détaillé par Latil [1994]. Sur cette base, les *Laraiceras* des « *schichten 2* » de La Luna, que Renz situait encore dans l'Albien supérieur, pourrait appartenir à la zone sommitale de l'Albien supérieur, c'est-à-dire à la zone à *Stoliczkaia dispar* (zone qui correspondait au Vraconien, jadis placé selon les époques, soit dans l'Albien terminal, soit dans le Cénomaniens basal).

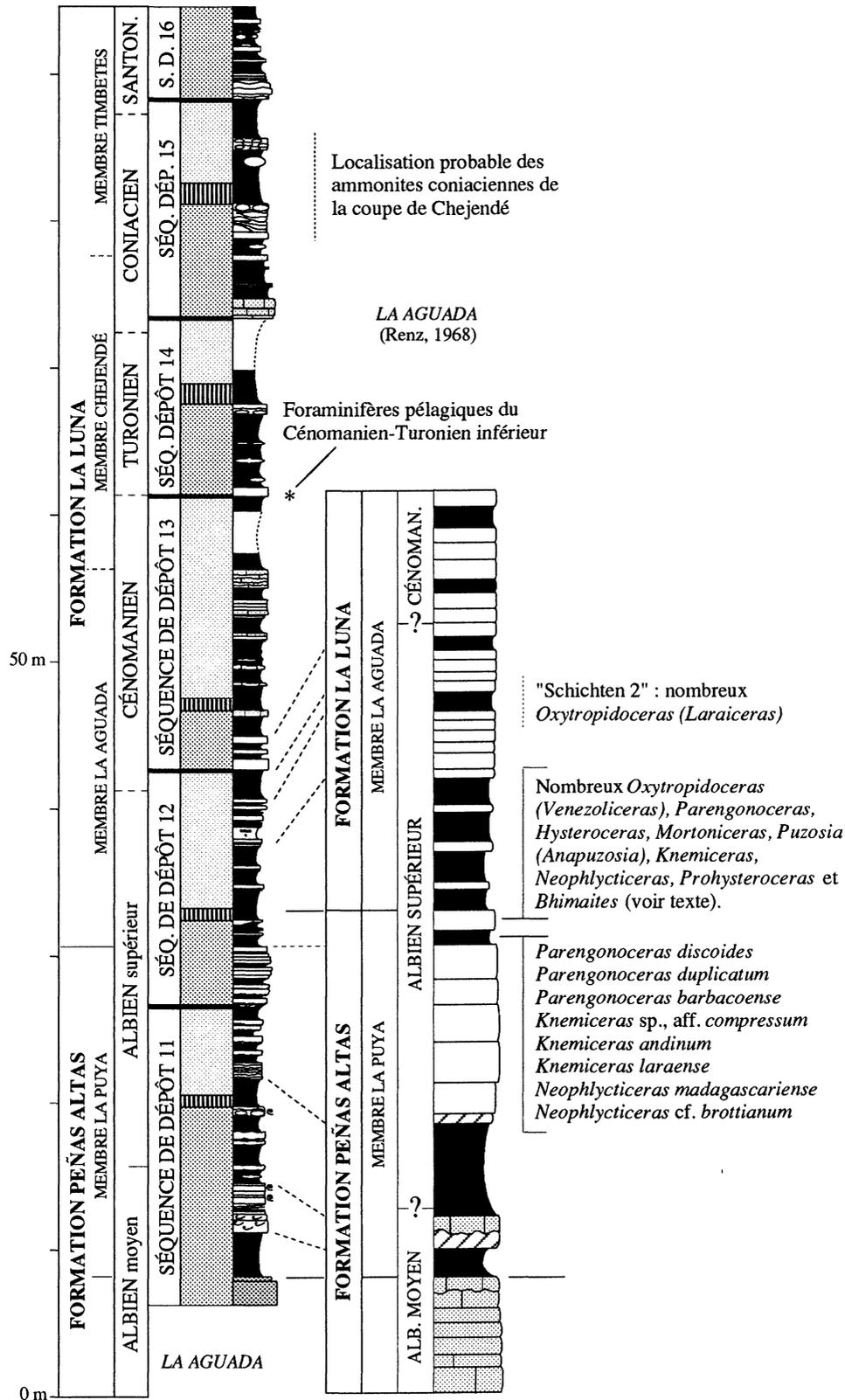


FIG. 34.- Éléments de datation de la coupe de La Aguada (membre La Puya et formation La Luna) et comparaison avec la coupe figurée par Renz [1968].

FIG. 34.- Data available for the datation of La Aguada section (La Puya member, top of the Peñas Altas formation, and La Luna formation) : comparison with the Renz [1968] section.

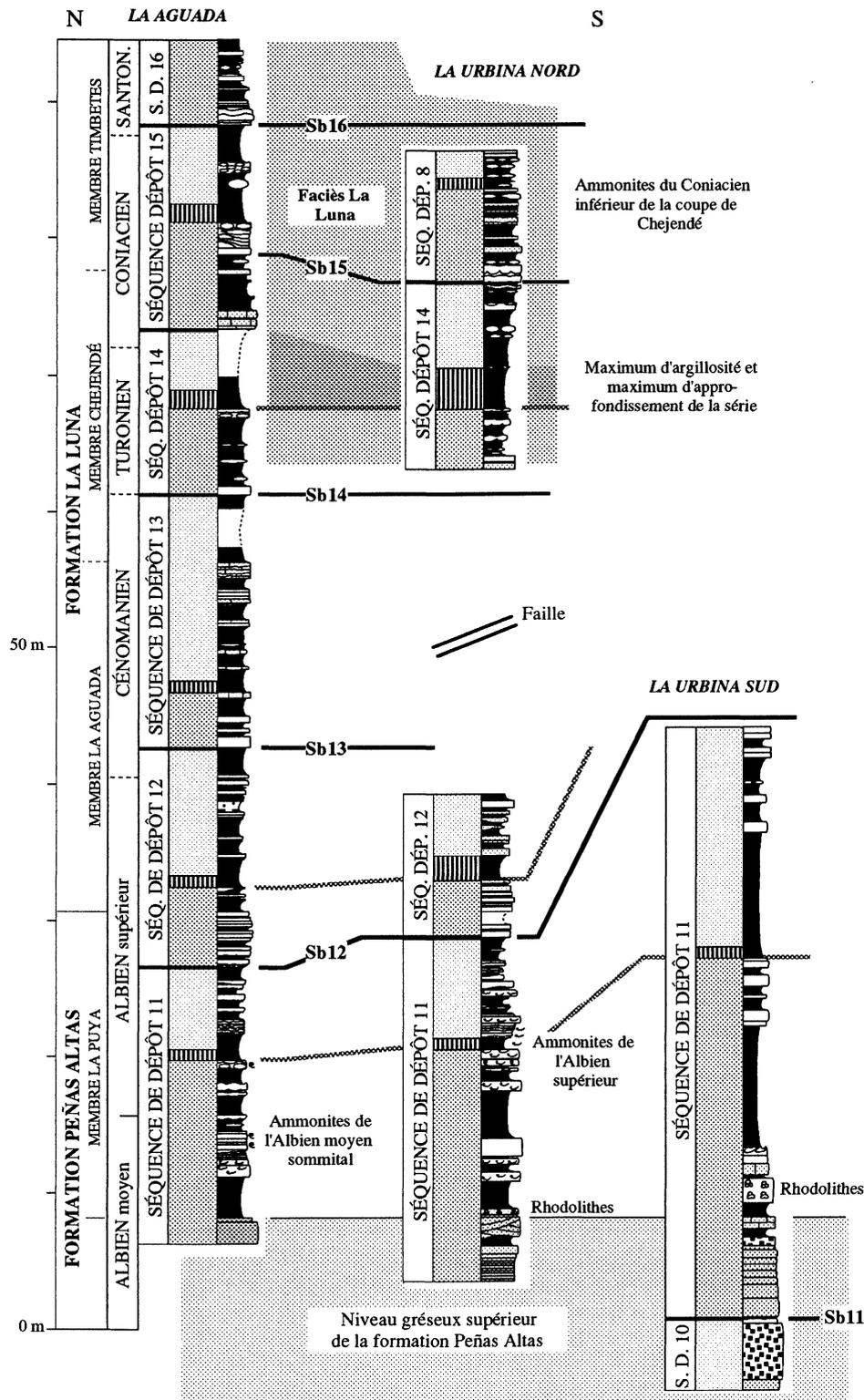


FIG. 35.— Corrélations entre les coupes de La Aguada et de la Urbina (région de Lara-Trujillo). À la base, le banc à rhodolithes existe au moins de La Urbina jusqu'à Chejendé.

FIG. 35.— Correlations between La Aguada and La Urbina sections (Lara-Trujillo region). Rhodolites are present from La Urbina to Chejendé.

Sur le plan séquentiel, cette faune est localisée au niveau du maximum de transgression de la séquence de dépôt 12 (fig. 34) de sorte qu'il n'est pas impossible que le dernier banc du membre La Puya puisse représenter

un intervalle plus ou moins condensé comme le laisserait penser la présence d'*Hysterocheras orbigny* (SPATH), espèce-index de la deuxième sous-zone de la zone à *Mortoniceras inflatum*. Cet âge albien supérieur

est également celui de la partie supérieure de la séquence de dépôt 11 dans laquelle Renz [1968] signalait de rares ammonites et dans laquelle nous avons recueilli un *Brancoeras* sp. et un *Mortoniceras* sp. C'est seulement à la base du membre La Puya qu'une empreinte d'*Oxytropidoceras* sp. indiquerait le sommet de l'Albien moyen dans la mesure où Renz [1968, fig. 4] signalait que le sous-genre *Oxytropidoceras* était cantonné à l'Albien moyen et à la base de l'Albien supérieur, alors que les sous-genres *Venezoliceras*, puis *Laraiceras* en seraient les successeurs à l'Albien supérieur.

Au-dessus du membre La Puya, les datations sont très imprécises dans la formation La Luna. Dans l'état actuel des connaissances il est impossible de situer la limite Albien-Cénomaniens car les microfaunes, parfois abondantes, sont représentées pour l'essentiel par de petits individus indéterminables spécifiquement. Toutefois, celles de l'échantillon 4342 déterminées par M. Caron sont au moins cénomaniennes, bien que certaines sections ne permettent pas d'exclure totalement le Turonien inférieur. Elles sont donc probablement situées à un niveau proche de la limite Cénomaniens-Turonien.

Plus haut, probablement au voisinage de la limite des membres Chejendé et Timbetes, la formation La Luna a livré une superbe ammonitofaune du Coniacien qui provient vraisemblablement des niveaux à gros nodules où nous avons recueilli quelques céphalopodes dans la coupe de Chejendé. Des *Barroisiceras* sp., *Prionocycloceras guayabanum* et *Paralenticeras sieversi* provenant de cette coupe, déterminés par M. Breistroffer et revus par J. Kennedy, sont conservés dans les collections de l'Institut Dolomieu. La plus grande partie de cette faune a cependant été décrite et figurée par Renz (1982), soit de la coupe de Chejendé, soit de la région de Barbaças où se situe la coupe de La Aguada : *Paralenticeras leonhardianum* (KARSTEN), *Paralenticeras sieversi* (GERHARDT), *Barroisiceras* aff. *onilahyense* BASSE, *Barroisiceras dentatocarinarum* (ROEMER), *Barroisiceras subtuberculatum* (GERHARDT), *Eulophoceras jacobii* HOURCQ, *Forresteria pitalensis* (STEINMANN), *Forresteria stantoni* REESIDE, *Solgerites romieuxi* (PERVINQUIÈRE), *Forresteria alluaudi* LEMOINE & THEVENIN et *Harleites castellensis* (REESIDE). Cette association est typique du Coniacien et plus précisément, du Coniacien inférieur pour la plus grande partie.

En conséquence, les attributions que nous proposons sont basées pour l'essentiel, d'une part sur ces associations de l'Albien supérieur et du Coniacien inférieur et, d'autre part, sur les corrélations séquentielles avec les puits bien étudiés de la région de Barinas (§ 6, fig. 40). Des comparaisons avec d'autres régions téthysiennes peuvent également servir de repères : c'est ainsi que la limite Cénomaniens-Turonien a été placée, comme en Afrique du Nord, au-dessus d'une limite de séquence de dépôt située à la base d'un intervalle plus carbonaté (Robaszynski *et al.*, 1990).

Du point de vue régional, les corrélations entre les deux coupes de La Aguada et de la Urbina sont aisées dans une série caractérisée par des milieux de dépôt relativement profonds et par une lithologie d'alternances de bancs calcaires ou argilocarbonatés et d'inter-bancs pélitiques ou marneux (fig. 35). Six séquences de dépôt y ont été reconnues. Les limites de séquences de dépôt se situent à la base des faisceaux de bancs calcaires assez massifs. Les intervalles transgressifs sont représentés par des alternances dans lesquelles les bancs deviennent progressivement de moins en moins calcaires vers le sommet. Les maxima de transgression (*maximum flooding surfaces* = *mfs*) sont confondus habituellement avec les intervalles les plus marneux ou les plus pélitiques. Les prismes de haut niveau débutent par la réapparition des bancs plus calcaires et sont souvent stratocroissants. Par contre, les prismes de bas niveau (PBN, *Lowstand Systems Tracts*) n'ont pas été reconnus, soit qu'ils aient été confondus avec la base des intervalles transgressifs en raison du petit nombre de bancs et de la monotonie des faciès, soit qu'ils n'existent pas dans ce secteur en dépit du caractère déjà profond de la sédimentation (présence de nombreux foraminifères pélagiques pratiquement depuis la base des coupes), soit qu'ils correspondent à des niveaux très condensés que seule une étude très détaillée permettrait de mettre en évidence.

#### 5.4. Conclusions

L'étude de ces deux coupes permet les conclusions suivantes :

1) La rétrogradation des faciès à la base de la coupe est très rapide et continue d'une paraséquence à une autre. C'est cette disposition qui explique le passage très progressif du membre La Puya à la formation La Luna.

2) L'approfondissement des milieux de dépôt est progressif : à la base, la faible profondeur relative des milieux circalittoraux est soulignée non seulement par l'abondance et la diversité des bivalves et gastéropodes, mais aussi par les ammonites oxycônes, typiques des environnements de faible profondeur ; au sommet, ils deviennent progressivement circalittoraux inférieurs à bathyaux tandis que les petits foraminifères pélagiques apparaissent, puis abondent très rapidement. Cette conclusion confirme celle de Galea Alvarez [1989] pour les régions situées plus à l'ouest (états de Mérida, Táchira et Zulia).

3) L'apparition des milieux dysoxiques ou anoxiques est progressive (comme dans la coupe de La Urbina) car on passe des milieux marins ouverts, à bivalves, gastéropodes et petits polypiers solitaires de la base à des milieux dans lesquels les conditions de vie sont impossibles sur le fond (absence de faune benthique) et beaucoup plus difficiles en surface, ce qu'atteste la très petite taille des foraminifères pélagiques. Ici, comme dans beaucoup d'autres régions

de la Téthys, c'est l'approfondissement important des milieux de dépôt aux alentours de la limite Cénomanién-Turonien qui permet l'apparition puis le développement du confinement sur une plate-forme noyée dans les milieux marins relativement profonds.

4) L'apparition du faciès La Luna, si typique par ses lamines millimétriques, s'observe à des niveaux différents de la série : au sommet de la séquence de dépôt 12 à La Urbina, dans la séquence de dépôt 14 à La Aguada.

5) Sur un plan plus général, les quatre premières séquences de dépôt montrent une évolution progressive des faciès vers des milieux de plus en plus profonds. Le maximum d'approfondissement semble atteint au niveau de la mfs de la séquence de dépôt 14, d'âge turonien, où s'observe aussi le maximum d'argilosité de la série.

## 6. – LES FORMATIONS AGUARDIENTE, ESCANDALOSA ET NAVAY PRO PARTE DANS LA RÉGION DE BARINAS

Dans ce secteur de la retombée orientale des Andes, deux coupes partielles du Crétacé ont été levées le long du Río Calderas et du Río Santo Domingo. Elles recoupent les formations Aguardiente, Escandalosa et le membre La Morita de la formation Navay selon la nomenclature lithostratigraphique utilisée localement. Ces coupes étant très différentes de celle de la région Trujillo-Lara, nous débuterons par leur description, puis nous les comparerons avec les données publiées des sondages pétroliers de l'état de Barinas avant de discuter des corrélations possibles avec les séries de la région Trujillo-Lara.

### 6.1. La coupe du Río Santo Domingo

#### 6.1.1. Description sommaire

Cette coupe de près de 200 m d'épaisseur a été levée le long du cours d'eau, au niveau du déversoir de crue du barrage hydroélectrique (fig. 36). La partie inférieure est en contact par faille avec le granite de la Soledad

de sorte que la partie basale de la série carbonatée n'y est pas visible (cette partie s'observe en partie le long de la route d'accès à la centrale ; elle correspond à un ensemble de grès comportant au sommet quelques niveaux conglomératiques).

De bas en haut, on y distingue les niveaux suivants (fig. 37).

1 – Des pélites noires, micacées, riches en pyrite, en contact faillé avec le granite de La Soledad. Vers le haut elles renferment quelques nodules plus calcaires.

2 – 11,5 m de grès quartzo-feldspathiques, séparés du niveau précédent par un contact faillé jalonné de brèches. Les deux derniers mètres correspondent à des grès à ciment calcaire renfermant de grandes valves d'*Amphidonte conica*.

3 – 4,70 m de calcaires argilo-silteux, puis de calcaires. Le premier banc renferme de gros intraclastes calcaires de longueur décimétrique, soulignant une érosion importante de niveaux calcaires sous-jacents ; c'est la raison pour laquelle sa surface basale a été interprétée comme la limite de séquence de dépôt Sb12. Au-dessus viennent des calcaires à *Pseudomelania* sp., grandes trigonies et nombreuses valves transportées

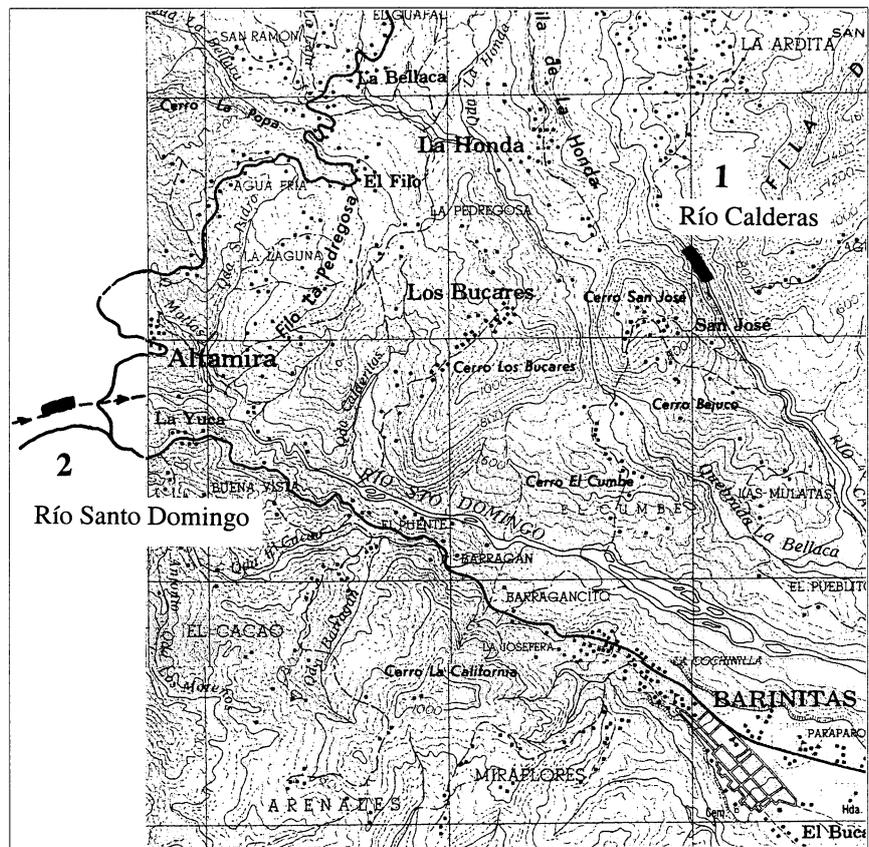


FIG. 36.– Localisation géographique des coupes de la région de Barinitas. 1, coupe du Río Calderas ; 2, coupe du Río Santo Domingo.

FIG. 36.– Detailed location of measured sections in the Barinas region. 1, Río Calderas section; 2, Río Santo Domingo section.

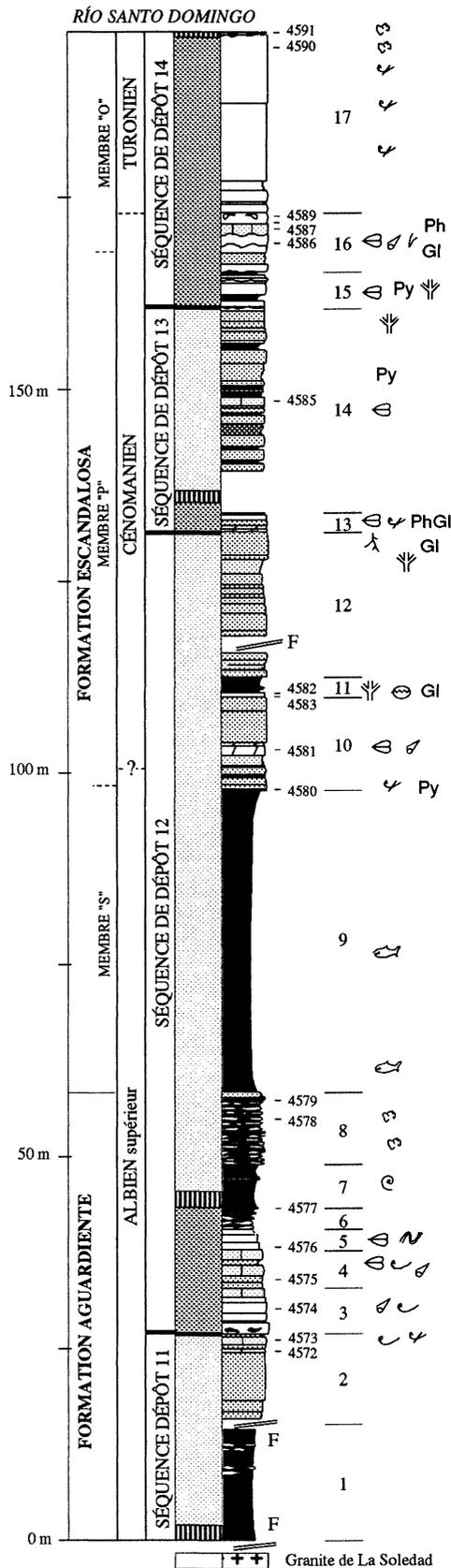


FIG. 37.— Coupe du Río Santo Domingo. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 36 et 50.

FIG. 37.— Río Santo Domingo section. Location of the section and legend: see figures 36 and 50.

d'*Amphidonte* Le dernier banc correspond à une accumulation de valves transportées d'*Amphidonte conica* (tempestite).

4 – 4,90 m de grès, souvent à ciment calcaire renfermant par endroits quelques rares valves d'*A. conica*. Le dernier niveau correspond à un grès grossier, assez tendre, très riche en *Pseudomelania* sp., *Sphaera corrugata* et *Ceratostreon* sp.

5 – Un banc massif de grès à ciment calcaire et fragments de bivalves et gastéropodes, surmonté par deux bancs calcaires métriques à nombreux bivalves fousseurs (*Thyasina* sp.), serpules et pyrite.

6 – 3,70 m d'intercalations de petits bancs calcaires, souvent boudinés, et de marnes noires micacées.

7 – 5 m environ de marnes ou de pélites noires à très nombreuses écailles de poissons et petites empreintes indéterminables d'ammonites.

8 – Un ensemble de 8 m de calcaires très noduleux, à rares petits foraminifères pélagiques, qui correspondaient vraisemblablement à de fines alternances calcaires-marnes. Ce niveau est surmonté d'un petit banc granoclassé (tempestite ?) passant vers le haut à une triple alternance de marnes et de silts.

9 – 30 à 40 m environ de pélites noires silteuses, faiblement calcaires, à nombreuses écailles de poissons.

10 – 9,80 m de grès fins micacés et de grès grossiers en gros bancs, disposés en deux paraséquences stratocroissantes débutant par un niveau carbonaté. À la base, le premier de ces niveaux correspond à 5 cm de dolomies bioclastiques très pyriteuses à fragments de coquilles de bivalves. Vers le milieu, le deuxième de ces niveaux est formé par des dolomies massives à rares gastéropodes et nombreux fragments de *Carditidae*, bivalves de milieux peu profonds.

11 – 2,75 m avec à la base un gros banc (60 cm) de calcaire micritique gris sombre, glauconieux et phosphaté, à petits brachiopodes, puis de pélites noires finement laminées renfermant un petit banc de 25 cm de calcaire noir à écailles de poissons. Ce niveau souligne un approfondissement relatif par rapport aux grès encadrants et représente la base d'une paraséquence.

12 – 17 m environ de grès fins micacés à *flaser bedding* et terriers de type *sprite* (une faille de rejet inconnu est visible dans le tiers inférieur). Vers le haut, un banc gréseux à nombreux *Skolithos* est intercalé dans les grès à *flaser*. Le dernier banc, très massif, épais de 3,10 m, montre à son sommet des tubes verticaux ramifiés qui semblent correspondre à des traces de racines soulignant une émergence. La surface de ce banc est interprétée comme la limite de séquence de dépôt Sb13.

13 – 2,65 m de grès, puis de calcaires en petits bancs. À la base, le premier banc de grès, à ciment calcaire et glauconie, correspond à une accumulation de valves de *Carditidae* mélangées à de plus rares Trigonies. Au sommet, les bancs calcaires faiblement glauconieux, d'épaisseur décimétrique ou centimétrique

renferment des accumulations granoclassées de bivalves le plus souvent fragmentés ; ils correspondent à des tempestites.

14 – 19 m de grès fins et de siltites, parfois très pyriteux, bioturbés, à *flaser bedding*. Vers le milieu, un banc de calcaire gréseux a livré des fragments de valves de *Plicatula fourneli* COQUAND.

15 – Ce niveau débute par une surface d'érosion très irrégulière (cavités remplies par des grès) qui correspond à la limite de séquence de dépôt Sb14. Au-dessus s'observent :

- un banc métrique de calcaire à accumulations de valves de *Carditidae* et de Trigonies ;

- 0,80 m de silts noirs à nodules de pyrite, *flaser bedding* et très nombreux *Thalassinoides* (remplissage de chenal de marée) ;

- 2,50 m de gros bancs calcaires à nombreuses valves de *Carditidae* (dont des *Protocardia* sp.). Le dernier banc, qui correspond à une tempestite (0,20 m) à fragments granoclassés de bivalves, est surmonté par 0,5 m de pélites silteuses à *flasers*.

16 – Ensemble de trois paraséquences à surface basale ravinante de 8 m d'épaisseur totale. Il s'agit de grès fins et de calcaires micritiques, dolomités secondairement, à nombreuses coquilles transportées, accumulées et granoclassées par endroits (*Carditidae* essentiellement et gastéropodes). Certains niveaux sont riches en phosphates. La dernière de ces paraséquences montre un passage progressif des grès fins aux calcaires à coquilles de bivalves. Au sommet s'observent des cavités pluricentimétriques, d'origine inconnue, à remplissage géopétal. Le toit de ce banc se corrèle bien avec la base de la séquence de dépôt E de Helenes *et al.* [1998].

17 – 23,5 m environ de calcaires massifs, souvent disposés en bancs plurimétriques, d'aspect parfois noduleux et renfermant un plus ou moins grand nombre de fragments de coquilles de bivalves, parfois concentrés en amas dispersés dans la micrite calcaire. La surface du dernier banc, très irrégulière et encroûtée par un enduit noirâtre, est surmontée par des calcaires argileux noirs, à nombreux foraminifères pélagiques et fines laminations parallèles d'un lithofaciès semblable à celui de La Luna. Cette partie supérieure de la coupe n'a pas été levée.

Les niveaux 16 et 17 correspondent au membre Guayacán d'Erlich *et al.* [1999, fig. 18A].

### 6.1.2. Interprétation

Les milieux de dépôt sont dans l'ensemble marins. La séquence de dépôt 11 est essentiellement pélitique et gréseuse, sans éléments permettant d'interpréter les milieux de dépôt, hormis quelques fragments d'*Aetosteon* remaniés dans les grès sommitaux, probablement déposés à faible profondeur. La séquence

de dépôt 12 débute par des calcaires et des grès à nombreux gastéropodes et accumulations de bivalves, notamment des *Amphidonte*, déposés dans des milieux marins turbides et peu profonds. Au-dessus, l'approfondissement progressif, très marqué jusqu'à la mfs, est souligné par l'apparition et l'abondance des restes de poissons et de petits foraminifères pélagiques. Au sommet, dans le prisme de haut niveau, les milieux de dépôts, encore relativement profonds à la base, caractérisés par des gastéropodes, des brachiopodes et l'abondance des *Carditidae*, deviennent progressivement moins profonds (nombreux *flasers*, *Skolithos*) jusqu'à l'émersion soulignée par un niveau à racines sous la limite de séquence de dépôt Sb13. La séquence de dépôt 13 est probablement celle dans laquelle les influences marines sont les moins importantes : c'est seulement au voisinage de la mfs que les milieux marins turbides et relativement peu profonds sont attestés par la présence de glauconite et de bivalves dont beaucoup sont transportés. Au-dessus, l'abondance des *flasers*, des bioturbations et des nodules de pyrite traduit des milieux peu profonds et probablement très confinés, saumâtres ou lagunaires. La séquence de dépôt 14 débute par des milieux marins peu profonds (*flasers*, *Thalassinoides*, nombreux bivalves), probablement parcourus par des chenaux de marée, émergeant au sommet de certaines paraséquences comme le montre la présence de cavités à remplissage géopétal et calcite microbienne. Plus haut les milieux deviennent plus profonds et moins turbides (accumulations irrégulières de coquilles de bivalves, présence de *Gervillia*, apparition de foraminifères pélagiques) jusqu'à la mfs qui surmonte ici la surface ravinée du dernier banc calcaire.

## 6.2. La coupe du Río Calderas

### 6.2.1. Description sommaire

Cette coupe a été levée, parfois assez difficilement, le long du Río Calderas, à l'est-nord-est du col qui sépare la Fila de la Honda du Cerro San José (fig. 38). Elle débute sur des grès dont l'âge est inconnu, mais qui semblent, par corrélation (§ 6.3), appartenir à la partie supérieure de la formation Escandalosa. De bas en haut, les niveaux suivants se distinguent :

1 – 2,20 m de grès grossiers disposés en trois bancs stratodécroissants.

2 – 6,65 m de calcaires en deux bancs. Le premier (1,25 m) est une biomicrite grise à plaques d'échinodermes, gastéropodes et *Carditidae*. Le second, très épais (5,40 m), renferme de très nombreux *Carditidae* dès la base, auxquels s'ajoutent plus haut des *Amphidonte*.

3 – 8 m environ de pélites gris-noir surmontées par des alternances de petits bancs de grès silteux à *ripples* et *flasers* et de pélites, parfois fortement bioturbées.

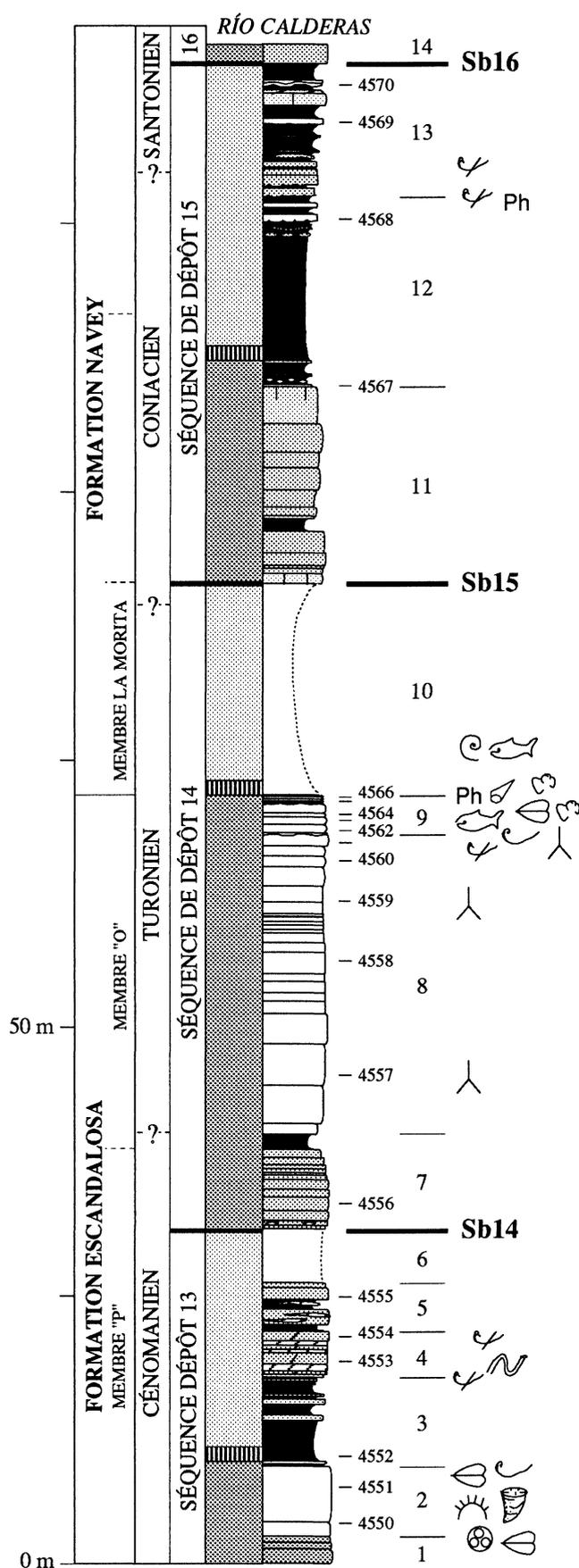


FIG. 38. – Coupe du Río Calderas. Pour la localisation géographique et la légende des symboles et figurés, se reporter aux figures 36 et 50.

FIG. 38. – Río Calderas section. Location of the section and legend: see figures 36 and 50.

4 – 4 m de grès et de calcaires dolomitiques à radioles d'oursins irréguliers, nombreux petits gastéropodes et accumulations de coquilles dolomitisées de bivalves.

5 – 4,5 m de grès fins intercalés de petits bancs dolomitiques, puis de pélites grises à nodules dolomitiques et enfin de grès fins de couleur sombre.

6 – partie sans visibilité.

7 – 7,20 m de grès surmontés par 1,50 m de pélites noires gréseuses. À la base, les grès, à ciment calcaire, renferment des intraclastes calcaires décimétriques à pluridécimétriques traduisant l'érosion et l'importance des remaniements liés à la limite de séquence de dépôt Sb14.

8 – 28,15 m environ de calcaires. De bas en haut, il s'agit d'abord de petits bancs décimétriques à surfaces ondulées et nombreux spicules de spongiaires, devenant un peu plus épais en haut (environ 11,50 m, niveau représenté schématiquement sur la figure 38), puis de bancs à rares foraminifères pélagiques, fines lamines millimétriques très régulières, devenant très ondulées et très riches en spicules de spongiaires au sommet (15,50 m). Le dernier banc (1,50 m), sans laminations, prend un aspect noduleux au sommet et renferme quelques fragments d'*Amphidonte*. La surface de ce dernier banc est très irrégulière et correspond à une surface d'érosion, probablement due à des courants de tempête.

9 – 2,60 m de calcaires. Le premier banc, décimétrique, est caractérisé par une accumulation de valves de *Cardita* (tempestite au voisinage d'une plage ?). Les quatre bancs suivants correspondent à des calcaires micritiques gris renfermant un gastéropode *Fusidae*, typique de milieux relativement profonds, des spicules de spongiaires, des plaques d'échinodermes et des écailles de poissons. Les derniers bancs sont très riches en foraminifères pélagiques. Le dernier est surmonté par un encroûtement phosphaté, puis par un mince niveau lenticulaire de calcaire micritique à fragments de coquilles et foraminifères pélagiques, enfin par un mètre environ de calcaires micritiques à foraminifères pélagiques.

10 – Intervalle sans visibilité, mais correspondant au moins partiellement à des marnes ou pélites noires silteuses observées en éboulis, à nombreuses écailles de poissons, Inocérames et ammonites. Ces dernières, déterminées par J. Kennedy et F. Amédéo, appartiennent aux genres *Watinoceras* et *Mammites* du Turonien inférieur, d'un niveau qui pourrait être proche de la limite entre les zones à *Colaradoensis* et *Nodosoides*.

11 – Une barre gréseuse d'environ 18,50 m d'épaisseur, disposée en paraséquences dans l'ensemble stratocroissantes, admettant vers le tiers inférieur une intercalation plus tendre de silts argileux gris. À la base et au sommet, il s'agit de grès à ciment calcaire.

12 – 16,50 m de pélites noires avec : à la base, deux bancs décimétriques, le premier de calcaire

bioclastique, et le second, peu épais, de grès grossier à ciment calcaire ; au sommet, deux petits bancs pluricentimétriques de grès à surfaces ondulées, puis deux bancs (0,8 et 0,5 m) de calcaires bioclastiques à coquilles transportées, la surface terminale du dernier montrant un encroûtement probablement phosphaté.

13 – Un intervalle dans l'ensemble pélitique montrant de bas en haut :

- quatre bancs de grès (3 m) avec des *load casts* à la base pour les deux premiers ;
- 5,50 m de pélites dans lesquelles sont intercalés trois petits bancs de calcaires jaunâtre à coquilles transportées de bivalves ;
- 1 m de grès à ciment calcaire surmontés par 0,20 m de dolomies gris sombre à patine jaune clair ;
- 2,30 m de pélites micacées avec une intercalation calcaire de 0,3 m (phosphate probable).

14 – 1,80 m de grès formant la base d'une barre rocheuse infranchissable.

### 6.2.2. Interprétation

La séquence de dépôt 13 est caractérisée, comme le long du Río Santo Domingo, par des milieux de dépôt peu profonds, à flasers et accumulations de bivalves. Seuls de rares polypiers solitaires soulignent le voisinage de la mfs. La séquence de dépôt 14 montre un approfondissement des milieux vers le haut par le passage vertical des faciès à spicules de spongiaires aux faciès à petits foraminifères pélagiques, puis au niveau à ammonites de la mfs. Au-dessus, et jusqu'en haut de la coupe, les milieux de dépôt restent marins relativement profonds comme l'attestent l'abondance, à plusieurs niveaux, de glauconie et de phosphate.

### 6.3. Les corrélations dans la région de Barinas

La série crétacée de cette région a été récemment décrite par Helenes *et al.* [1998], grâce à l'étude biostratigraphique détaillée de quelques puits situés à l'est de Barinas (puits de Torunos IX, Torunos 2X, Borburata 1X et Caïpe 1X). D'autres ont été schématiquement figurés par Davila [1997]. Ces résultats nous permettent de proposer des corrélations entre la région de Barinas et celle, voisine mais plus occidentale, des coupes du Río Calderas et du Río Santo Domingo.

Les corrélations sont aisées entre les différents puits illustrés par Helenes *et al.* [1998], à l'aide des diagraphies Gamma Ray figurées par ces auteurs. Elles le sont également entre ces puits et les coupes levées à l'ouest de Barinitas, au moins jusqu'à la transgression turonienne car nous n'avons plus de données biostratigraphiques au-dessus de ce niveau repère.

La formation *Aguardiente*, qui correspond à la plus grande partie des séquences de dépôt A et B de Helenes

*et al.* [1998], est formée essentiellement de grès, d'après ces auteurs, dans le sondage Torunos 1X. Dans ce contexte, les marnes de la mfs de leur séquence A correspond à celles dans lesquelles nous situons la mfs de la séquence de dépôt 11 dans la coupe du Río Santo Domingo. Par contre la limite Sb12, que nous localisons au niveau d'un banc calcaire remaniant des intraclastes calcaires décimétriques, se corrèle avec un niveau localisé bien plus haut que la base de la séquence B de Helenes *et al.* [1998]. Sur la base des corrélations que nous proposons, la limite Sb12 semble assez érosive (fig. 39), plusieurs niveaux paraissant être tronqués progressivement vers l'ouest sous la limite Sb12. Au dessus, la partie supérieure de la formation *Aguardiente* a été décrite comme essentiellement gréseuse dans les puits des environs de Barinas alors qu'elle est surtout carbonatée et partiellement gréseuse le long du Río Santo Domingo. Il est donc possible qu'il y ait à ce niveau un passage latéral des grès aux calcaires en direction de l'ouest, ce qui n'est pas prouvé en l'absence d'autres diagraphies que le GR.

La formation *Escandalosa* débute par un niveau pélitique et marneux épais, d'extension régionale (membre "S"), interprété comme un maximum de transgression (mfs de la séquence de dépôt B de Helenes *et al.* [1998] localisé au sommet du Cénomanién inférieur). Au-dessus, la partie moyenne de cette formation est gréseuse (membre "P"), tandis que la partie supérieure est représentée par une barre carbonatée où se situent les principaux réservoirs de cette région (membre "O"). Cet intervalle correspond aux séquences C, D et à la plus grande partie de la séquence E de Helenes *et al.* [1998]. Notre interprétation est sensiblement différente d'après nos coupes de terrain : alors que la limite Sb13 est proche de la limite inférieure de la séquence D de ces auteurs, la limite Sb14 n'est pas située sous le niveau calcaire, mais au-dessus, à la base d'un niveau d'intercalations de calcaires et de grès silteux. Quant à la limite inférieure de leur séquence C, elle se corrèle sans problème à la limite très nette qui existe entre les marnes et les grès dans la coupe du Río Santo Domingo. Elle pourrait aussi correspondre à une limite de séquence de dépôt, comme nous l'avions proposé antérieurement [Arnaud *et al.*, 1991], mais rien n'indique à ce jour qu'elle ait une extension régionale.

La formation *Navay* débute par le membre marneux de La Morita soulignant la transgression turonienne d'extension régionale. C'est la base de ce niveau qui a livré des ammonites du Turonien inférieur dans la coupe du Río Calderas (§ 6.2.1). Au-dessus, les corrélations sont moins claires, en raison d'une part de la présence d'un intervalle sans visibilité le long du Río Calderas et, d'autre part, de l'absence d'élément biostratigraphique dans cette coupe. De ce fait les corrélations proposées sur la figure 39 sont seulement hypothétiques, même si la base de cet intervalle est gréseux et le sommet représenté par des intercalations de pélites et de grès silteux.

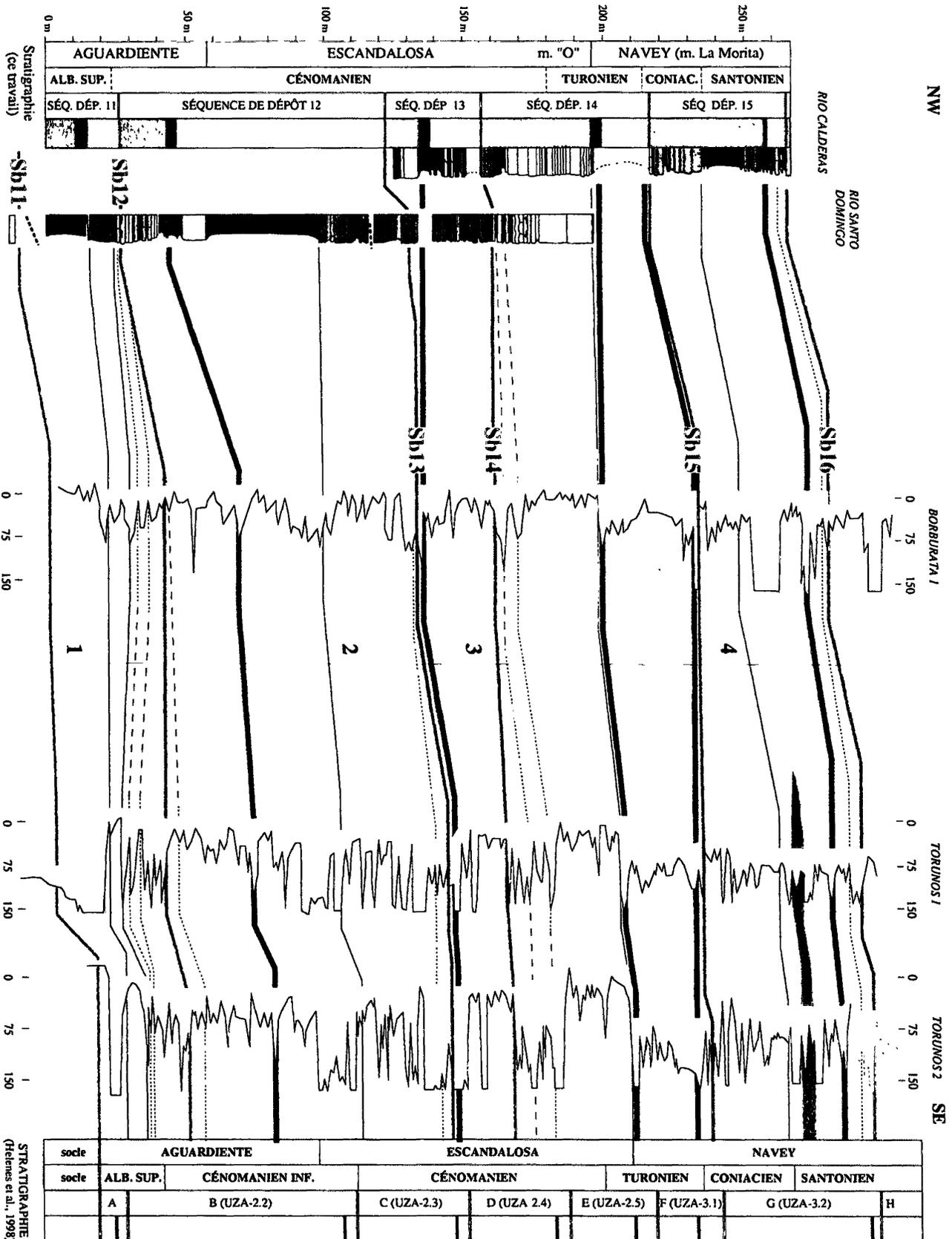


FIG. 39.— Correlations entre les coupes de la région de Barinitas et les sondages de la région de Barinas. Pour les sondages de Borburata 1X, Torunos 1X et Torunos 2X les courbes de Gamma Ray sont celles publiées par Helenes *et al.* [1998]. Les datations sont celles de ces auteurs, révisées d'après les données de terrain. Les corrélations et la stratigraphie séquentielle ont été interprétées d'après les données de terrain, de sorte qu'elles diffèrent parfois de celles proposées par Helenes *et al.* [1998]. 1 à 4 : localisation des principaux niveaux gréseux (voir texte).

FIG. 39.— Correlations between sections and wells of the Barinitas-Barinas region. For Borburata 1X, Torunos 1X and Torunos 2X wells, Gamma Ray according to Helenes *et al.* [1998]. Datations are from these authors, modified owing to field data. Correlations and sequence stratigraphy proposed according to field observations, then a little different from Helenes *et al.* [1998]. 1 to 4: location of the main sandstone levels.

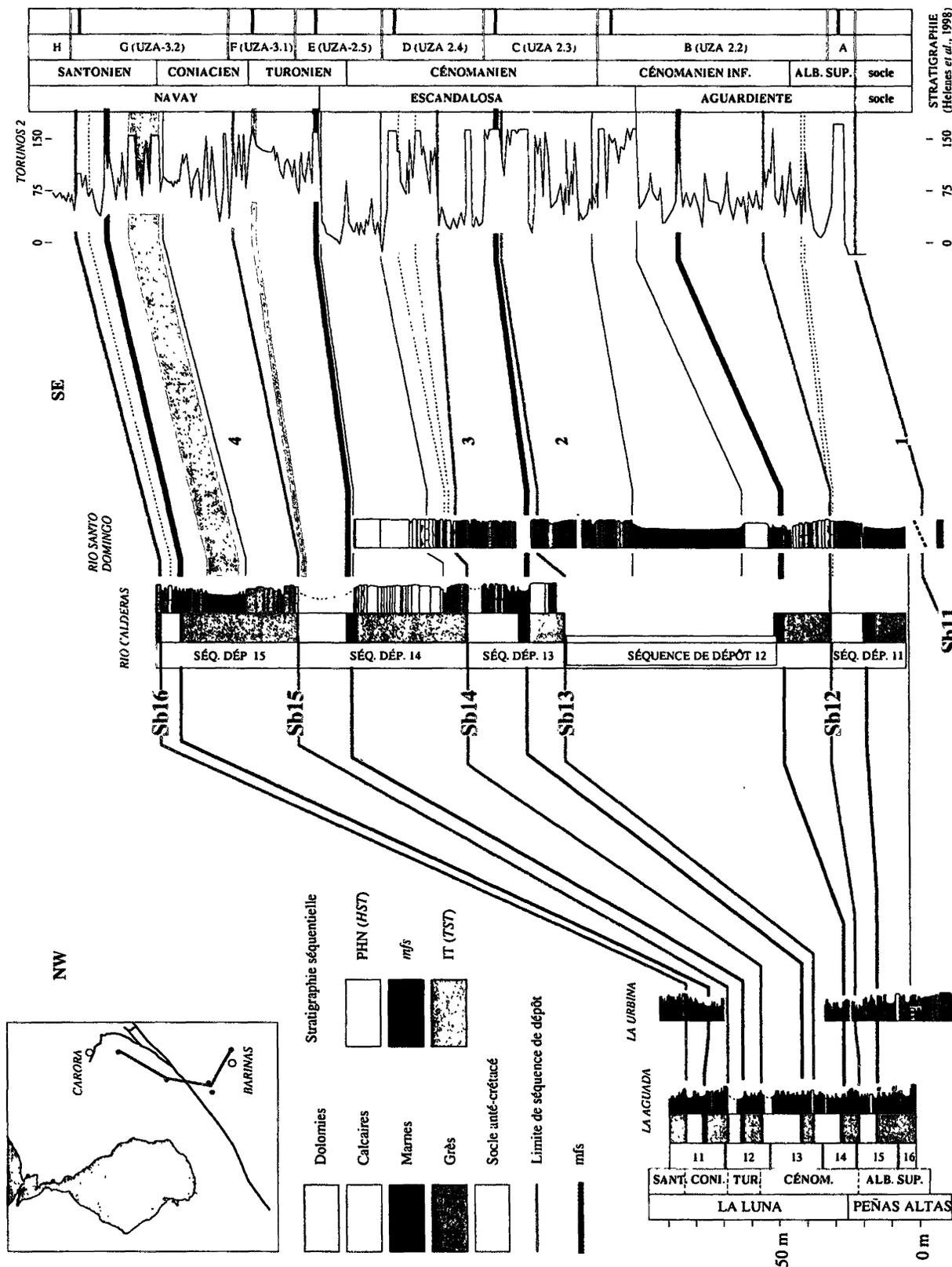


FIG. 40.- Corrélations entre les coupes de la région de Barinas (sondage Torunos 2X, coupes du Río Santo Domingo et du Río Calderas) et les coupes de La Urbina et de La Aguada (région de Lara-Trujillo). Ces corrélations sont basées sur les données biostratigraphiques connues, sur les corrélations séquentielles et sur l'organisation latérale des dépôts gréseux. 1 à 4 : localisation des principaux niveaux gréseux (voir texte).

FIG. 40.- Correlations between Barinas (Torunos 2X well, Río Santo Domingo and Río Calderas sections) and Lara-Trujillo regions (La Urbina and La Aguada sections). Correlations are founded on biostratigraphic data, sequence stratigraphy and lateral organization of sandstone bodies.

Puisque les sondages de la région de Barinas recourent la totalité de la série crétacée, il est clair que l'intervalle calcaire pluridécamétrique observé aussi bien dans la coupe du Río Calderas que dans celle du Río Santo Domingo correspond au membre "O" du sommet de la formation Escandalosa dont l'extension régionale est bien connue. Cette interprétation est en outre fondée :

- sur la similitude lithologique entre la coupe du Río Santo Domingo et les formations Aguardiente et Escandalosa des sondages de la région de Barinas ;
- sur la présence d'un niveau à ammonites du Turonien inférieur au-dessus de calcaires du Río Calderas.

Du point de vue de la stratigraphie séquentielle, un certain nombre de différences existent entre l'interprétation que nous proposons et celle de Helenes *et al.* [1998], non seulement sur la localisation des limites de séquences de dépôt, mais aussi sur leur nombre. Concernant le premier point, il est clair que l'interprétation des coupes de terrain permet l'observation d'éléments plus difficiles à mettre en évidence dans des sondages. Concernant le second point, il est impossible de reconnaître à l'échelle régionale toutes les séquences de dépôt de Helenes *et al.* [1998], même si la plupart des limites proposées correspondent à de bons repères lithologiques locaux. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas pris en compte ces limites.

#### 6.4. Corrélations entre les régions de Barinas et de Lara-Trujillo

Les coupes de La Urbina et de La Aguada d'une part (région Trujillo-Lara) et celles du Río Santo Domingo, du Río Calderas et des sondages de la région de Barinas, d'autre part, sont très différentes ce qui est dû à leur éloignement relatif accentué par le jeu de la faille de Bocono. Les corrélations que nous proposons (fig. 40) sont fondées d'abord sur les données biostratigraphiques signalées précédemment, ensuite sur les similitudes événementielles. Celles-ci, d'origine climatique ou eustatique, sont fondées sur la place des carbonates dans la série et sur le caractère progradant ou rétrogradant des dépôts silicoclastiques terrigènes.

Les données biostratigraphiques permettent de corréler la partie basale des coupes de la région de Barinas, datée de l'Albien supérieur par Helenes *et al.* [1998], avec le membre La Puya de la formation Peñas Altas d'âge Albien moyen terminal à la base et Albien supérieur au sommet (§ 5.3). Ces couches appartiennent bien à la séquence de dépôt 11 dans les deux cas. Les foraminifères pélagiques du Cénomanién terminal-Turonien inférieur de la base de la séquence de dépôt 14 dans la coupe de La Urbina peuvent être corrélés avec la base des calcaires du membre "O" de la formation Escandalosa dans la région de Barinas. Les niveaux à

ammonites coniaciennes de la coupe de Chejendé, appartenant probablement à la séquence de dépôt 15 peuvent être corrélés avec le niveau très pélitique du même âge de la région de Barinas.

Les quatre intervalles à sédimentation gréseuse dominante, notés 1 à 4 sur la figure 40, soulignent les périodes de progradation maximale du système de sédimentation terrigène caractérisé par le dépôt des grès à l'amont et des argiles à l'aval. Les maxima de progradation correspondront donc dans la région de Trujillo-Lara aux intervalles dans lesquels s'observent les rares niveaux gréseux ou des calcaires plus ou moins riches en quartz détritique. À la base, le niveau 1 apparaît ainsi comme l'homologue de la partie sommitale des grès supérieurs de la formation Peñas Altas. Le niveau 2 peut être corrélé avec la partie plus détritique observée à La Urbina et à La Aguada au-dessus de la mfs de la séquence de dépôt 12, le niveau 3 avec les niveaux silteux situés dans le PHN de la séquence de dépôt 13 (coupe de La Aguada) et le niveau 4 avec les petits bancs de calcaires gréseux de la base de la séquence de dépôt 14, aussi bien à La Aguada qu'à La Urbina.

Dans ce contexte, l'intervalle calcaire du membre "O" (formation Escandalosa) se corrèle aisément avec l'intervalle transgressif de la séquence de dépôt 14 qui débute par un gros banc calcaire dans la coupe de La Aguada. Cet intervalle souligne probablement un épisode climatique plus sec caractérisé par la diminution sensible des apports détritiques terrigènes.

#### 6.5. Conclusions

Entre la région de Barinas et la retombée orientale des Andes (Río Santo Domingo et Río Calderas) les coupes sont très semblables et les variations d'épaisseur très faibles. Pour les formations Aguardiente et Escandalosa, les environnements de dépôt de la région de Barinas seraient mixtes, continentaux, transitionnels à marins de la base à la limite Sb14 approximativement (de 3512 à 3368 m dans le puits Torunos 1X) et continentaux au-dessus (de 3368 à 3307 m dans le même puits), à peu près jusqu'à la limite Turonien-Coniacien [Helenes *et al.*, 1998, p. 1312]. Cette interprétation, qui semble essentiellement basée sur les proportions des spectres palynologiques, paraît contestable, au moins en ce qui concerne l'intervalle supérieur puisque ces mêmes auteurs affirment plus loin [Helenes *et al.*, 1998, p. 1325] « *the Turonian transgression changed the paleoenvironments in the Barinas area to open-marine conditions until the early Maastrichtian.* » En dépit de ces ambiguïtés, il semble bien que les milieux de dépôt étaient beaucoup moins marins dans la région de Barinas que plus à l'ouest sur le versant oriental des Andes où nous n'avons pas reconnu de dépôts continentaux dans les coupes du Río Santo Domingo et du Río Calderas. Dans ce contexte

peu profond à temporairement émergé, deux intervalles transgressifs majeurs s'observent nettement, le premier à l'Albien terminal ou au Cénomaniens inférieur (mfs de la séquence de dépôt 12), le second au Turonien inférieur (mfs de la séquence de dépôt 14).

Entre la région de Barinas-Barinitas et celle de Lara-Trujillo par contre, les différences sont beaucoup plus importantes, soulignées par une grande diminution d'épaisseur, la disparition presque complète des dépôts détritiques grossiers et la permanence apparente des milieux marins relativement profonds à faunes pélagiques ou nectoniques à partir de l'Albien terminal.

Sur le plan séquentiel, six séquences de dépôt ont été mises en évidence dans le secteur Lara-Trujillo entre le sommet de l'Albien moyen et le Santonien probable. Ces séquences de dépôt s'observent clairement jusque dans les sondages de la région de Barinas. Dans ce secteur, d'autres limites de séquences de dépôt pourraient exister dans cet intervalle (fig. 39), mais elles ne semblent pas avoir d'extension régionale (ou n'ont pas été reconnues à cette échelle) de sorte qu'il pourrait s'agir simplement de l'enregistrement local d'une cyclicité d'ordre supérieur (par exemple séquence de 4e ordre) dans ces séries plus épaisses. Enfin, l'absence de prismes de bas niveau (PBN = LST) dans les régions de Barinas et de Lara-Trujillo pourrait traduire l'existence de lacunes régionales au niveau de chaque limite de séquence de dépôt. Rien n'étaye actuellement une telle hypothèse en l'absence d'une étude biostratigraphique très détaillée.

Reste enfin le problème de l'existence d'une lacune éventuelle de la plus grande partie du Turonien qui, d'après Helenes *et al.* [1998], correspondrait à la limite entre leurs séquences de dépôt E et F (fig. 39). S'il est vrai que les dépôts turoniens sont peu épais et que seuls le Turonien inférieur et, peut-être, le Turonien moyen ont été mis en évidence, rien ne prouve paléontologiquement l'absence du Turonien supérieur ; rien ne prouve non plus l'existence d'une discordance à ce niveau dans les sections sismiques du Venezuela occidental [Parnaud *et al.*, 1995]. En conséquence, rien ne permet actuellement d'étayer une lacune régionale à ce niveau.

## 7. – CORRÉLATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

Les comparaisons avec les régions voisines de Maracaibo et d'Uribante sont relativement difficiles. La région d'Uribante est relativement similaire à celle de Lara-Trujillo, mais en est séparée par la zone haute de Mérida (« Arche de Mérida ») de sorte que la série y est beaucoup moins complète [Garcia Jarpa *et al.*, 1982 ; Lugo, 1994]. Pour la région de Maracaibo, les données publiées sont assez nombreuses (références dans Bartok *et al.* [1981], Vahrenkamp *et al.* [1993], Zambrano *et al.*

[1970]) mais difficiles à utiliser car les puits étudiés sont toujours représentés de manière très schématique en raison de la confidentialité des données dans cette province pétrolière. Toutefois, l'examen détaillé de deux sondages de cette région, réalisé grâce à la société Maraven, nous permet de souligner deux caractères généraux.

1) L'Apto-Albien est principalement carbonaté, constituant le groupe Cogollo, équivalent latéral de la formation Peñas Altas et de la base de La Luna de la région Lara-Trujillo (fig. 3). Les grès n'existent qu'à la base de la série où ils paraissent généralement peu développés (quelques mètres d'épaisseur au plus dans certains cas), attribués habituellement à la formation Río Negro, et provenant vraisemblablement de remaniements à partir du socle sous-jacent. Au-dessus, les niveaux gréseux manquent habituellement ce qui peut être attribué à l'éloignement des sources du matériel détritique grossier. Les apports argileux sont par contre relativement abondants, notamment à certains niveaux, par exemple dans les formations Machiques et Lisure (fig. 3).

2) Les faciès carbonatés de milieux peu profonds de la formation Maraca s'observent jusqu'à la fin de l'Albien au moins puisqu'un *Mortonicerias* de l'Albien supérieur y a été cité par Rod et Maync [1954] dans la Perijá. En conséquence, les faciès à rudistes et les niveaux d'émersion existent dans la région de Maracaibo jusqu'au sommet de la séquence de dépôt 12 qui est représentée dans la région de Lara-Trujillo par des milieux de dépôt déjà assez profonds, caractérisés pour certains par la présence de foraminifères pélagiques. Cette constatation implique l'existence au moins locale de seuils ou de hauts-fonds entre Maracaibo et le domaine plus profond du secteur Lara-Trujillo, morphologie qui n'est probablement pas sans conséquence pour l'apparition d'une stratification des eaux et de milieux dysoxiques ou anoxiques dès l'Albien terminal. La question de la persistance d'un tel seuil au Cénomaniens inférieur et moyen ne semble pas avoir de réponse actuellement ; en effet, le premier niveau de La Luna a été daté du Cénomaniens supérieur, zone à *Rotalipora cushmani*, par Truskowski *et al.* [1996] de sorte que le sommet de la formation Maraca sous-jacente pourrait soit appartenir au Cénomaniens, soit en être séparé par une lacune du Cénomaniens inférieur et moyen.

Sur le plan régional, les deux régions de Maracaibo et d'Uribante nous montrent également à la fois la très grande irrégularité de la surface basale de la série crétacée et la présence d'une surface régionale de troncature et d'érosion à l'Aptien supérieur.

La surface basale est très irrégulière parce que, d'un point à un autre, l'épaisseur des grès de base, attribués à la formation Río Negro, est différente et que les carbonates sus-jacents n'appartiennent pas à la même séquence de dépôt. Dans la coupe de Zea par exemple (Coupe de Zea-la Panamericana de Garcia Jarpa *et al.*

[1980]) les formations Río Negro et Apón constituent une seule séquence de dépôt qu'il est possible de corrélérer à la séquence de dépôt 4 ou 5 du sommet de l'Aptien inférieur en raison de la présence d'un *Chelonicerias* sp. trouvé au niveau du maximum de transgression. Dans certains sondages de la région de Maracaibo, une seule séquence de dépôt existe à l'Aptien inférieur, pouvant être corrélée avec la séquence de dépôt 2 ou 3 grâce à la présence de faciès micritiques à gros nodules calcitiques. Dans ces deux cas, la transgression est aptienne (la présence de Choffatelles exclut une appartenance à l'Aptien supérieur), mais à des niveaux probablement différents. Aucun niveau d'âge barrémien ne peut être envisagé de sorte que les niveaux antérieurs, néocomiens et barrémiens, de la série crétacé ne semblent exister que plus à l'est du Lac de Maracaibo, entre ce dernier et la péninsule de la Guajira où sont connues des couches néocomiennes à ammonites. Cette surface de transgression très irrégulière confirme les observations réalisées dans la région Lara-Trujillo où les séquences de dépôt 1 et 2, dont l'âge barrémien est possible, ne sont pas continues. C'est cette surface basale irrégulière qui a été schématisée sur la figure 48 et qui est responsable de la disposition en onlaps du Barrémien terminal-Aptien inférieur à l'échelle régionale.

La surface de troncature régionale, que nous localisons au niveau de la limite de séquence de dépôt Sb6, se déduit de trois constatations principales.

1) Superposition directe de la séquence de dépôt 7 de l'Aptien supérieur (à *Pseudochoffatella cuvillieri* dans le Lac de Maracaibo) sur l'une ou l'autre des séquences de dépôt de l'Aptien inférieur. En certains points du Lac de Maracaibo, la séquence de dépôt 7 de l'Aptien terminal à Mésorbitolines et *Pseudochoffatella cuvillieri*, surmontée par la séquence de dépôt 8 qui renferme les premières faunes albiennes de Discorbidés, repose sur de l'Aptien inférieur à Choffatelles. En d'autres points de ce secteur, cette même séquence de dépôt 7 à très nombreuses Mésorbitolines est séparée du socle par 6 séquences de dépôt dont quatre sous la limite Aptien inférieur-Aptien supérieur. Plus au sud dans la région d'Uribante, l'Aptien inférieur de la coupe de Zea, réduit à une seule séquence de dépôt (voir ci-dessus), est surmonté directement par une séquence de dépôt dont la mfs est représentée par un petit niveau calcaire à Mésorbitolines remaniées.

2) La surface Sb6 ravine profondément le substrat comme on l'a vu pour la région Lara-Trujillo où la discontinuité des affleurements des Lutitas de Guáimaras ne peut s'expliquer que par leur localisation en remplissage de profondes vallées incisées.

3) C'est à la base de la séquence de dépôt 6 que s'observe dans la région de Maracaibo le premier et le seul prisme de bas niveau de tous les carbonates du groupe Cogollo.

Cette surface d'érosion et de troncature souligne une importante baisse du niveau relatif de la mer à l'Aptien

supérieur, due au moins partiellement à une mobilité tectonique accrue permettant le basculement de cette partie de la marge du bouclier guyanais. Cette mobilité tectonique du Crétacé inférieur et la présence de paléofailles de cet âge ont été reconnues en Colombie [Cooper *et al.*, 1995] et seraient dues à l'extension de l'arrière-arc derrière la zone de subduction bordant la côte occidentale de l'Amérique du Sud. L'existence de paléofailles aptiennes n'a pas encore été mise en évidence dans la région étudiée, mais elle paraît probable car des diaclases de cet âge, scellées par les sédiments sus-jacents ont été observées à l'échelle de l'échantillon ou de la lame mince dans la coupe aptienne de La Loma et dans un sondage de la région de Maracaibo, au toit des calcaires de l'Aptien inférieur. C'est cette hypothèse qui a été privilégiée sur la figure 48.

## 8. – ORGANISATION DES SÉQUENCES DE DÉPÔT

Au Venezuela, comme ailleurs, l'organisation des dépôts est sous la dépendance des variations du niveau relatif de la mer qui semblent correspondre à l'interaction de plusieurs cyclicités emboîtées. Sans aller plus loin dans le détail, trois cyclicités principales se déduisent de l'analyse sédimentaire :

- une cyclicité de 4<sup>e</sup> ordre, responsable de l'organisation à l'échelle paraséquentielle (ordre de grandeur : 20 000 à 100 000 ans),

- une cyclicité de 3<sup>e</sup> ordre, qui est celle des séquences de dépôt regroupant un nombre plus ou moins grand de paraséquences (ordre de grandeur : 0,4 à 1 Ma années),

- une cyclicité de 2<sup>e</sup> ordre, à l'échelle de la série, regroupant plusieurs séquences de dépôt (ordre de grandeur : plusieurs Ma).

La cyclicité de 2<sup>e</sup> ordre correspond à une cyclicité à long terme qui permet de distinguer des périodes de très bas niveau marin moyen et des périodes de très haut niveau marin, chacune d'entre elle d'une durée égale à celle nécessaire au dépôt de plusieurs séquences de dépôt. Ceci permet de distinguer également :

- des périodes transgressives à long terme, pendant lesquelles les hauts niveaux marins des cycles de 3<sup>e</sup> ordre sont successivement de plus en plus haut,

- des périodes régressives à long terme, pendant lesquelles les hauts niveaux marins des cycles de 3<sup>e</sup> ordre sont successivement de plus en plus bas.

Dans ce contexte, l'espace disponible et la profondeur des milieux de dépôt sur la plate-forme sont très différents selon les cas, d'où la grande variabilité constatée dans l'organisation des séquences de dépôt. Pour s'en tenir à celles qui renferment des niveaux calcaires, sept cas différents peuvent être envisagés.

### 1. Séquences de dépôt pendant des périodes de très bas niveau moyen

Elles sont caractérisées par une sédimentation silicoclastique dominante et par des bancs calcaires peu développés, situés soit immédiatement sous la mfs (disposition généralement stratodécroissante), soit au-dessus à la base du PHN (*early HST*) où ils sont d'ailleurs nettement plus développés et généralement stratocroissants (fig. 41). La mfs est représentée soit par des calcaires, parfois glauconieux, soit par des calcaires argileux ou des marnes à oursins irréguliers, ces derniers soulignant l'existence à ce niveau de milieux marins ouverts, totalement déconfinés. Les grès sont bien développés aussi bien dans la partie inférieure de l'IT (*early TST*) que dans la partie supérieure du PHN (*late HST*).

*Exemple* : la séquence de dépôt 1 de la coupe d'Arbol Redondo Barrémien supérieur ?). Une disposition du même ordre s'observe dans la première séquence de dépôt de la coupe de Zea (formations Río Negro-Apón) dont la mfs a livré une ammonite (*Chelonicerias* sp.). Dans les deux cas, l'ensemble gréseux basal, discordant sur le Jurassique (formation La Quinta) ou le Paléozoïque (formation Mucuchachí), débute par des niveaux conglomératiques ou microconglomératiques.

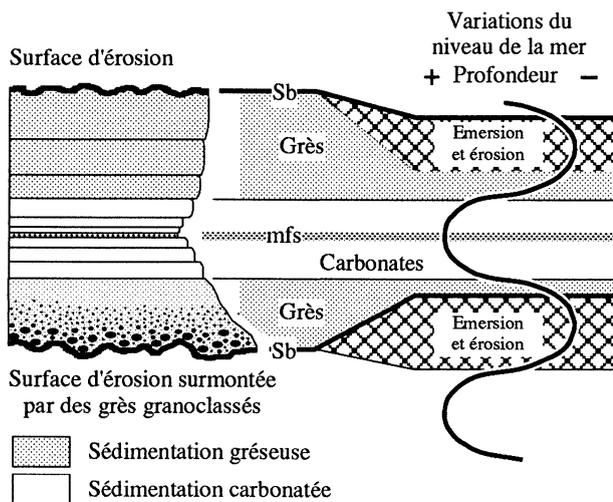


FIG. 41.- Séquence de dépôt pendant des périodes de très bas niveau moyen. La sédimentation marine débute après une longue période d'émersion. Les dépôts sont d'abord gréseux, puis carbonatés jusqu'à la mfs. La disposition inverse s'observe à la base du HST (*early highstand*) avant l'émersion et la limite de séquence de dépôt. Dans ce cas, la sédimentation correspond seulement à une petite partie de la durée du cycle.

FIG. 41.- *Depositional sequence during very low relative sea-level. Marine sedimentation begin after a long-term emersion. TST correspond to sand deposits, then carbonate sedimentation up to the mfs. Opposite disposition exists in early HST up to the sequence boundary. Sedimentation occurs only during a short part of the cycle.*

Cette disposition est typique des transgressions qui surviennent après une longue période d'émersion.

### 2. Séquences de dépôt en période transgressive (niveau moyen de la mer relativement bas)

La sédimentation silicoclastique est encore bien développée à la base, mais absente au sommet soit par émersion et non-dépôt, soit par érosion (fig. 42). La partie basale de l'IT est constituée par des grès stratodécroissants. Au-dessus, le sommet de l'IT et la base du PHN (*early HST*) sont formés par des paraséquences marnes-calcaires dans lesquelles les bancs calcaires sont d'abord stratodécroissants (*thinning-up, late TST*), puis stratocroissants (*thickening-up, early HST*). Au sommet du PHN, les paraséquences calcaires, épaisses, prédominent. La limite de séquence de dépôt sommitale correspond souvent à une surface d'émersion et de dissolution, avec parfois des cavités paléokarstiques.

*Exemple* : la séquence de dépôt 7 (Aptien supérieur) de la coupe de la route La Pastora-Jabón et son équivalent le long de la route de Torococo. Dans ce cas, les calcaires et marnes situés au voisinage de la mfs, et surtout dessous, correspondent à des couches très riches en Mésorbitolines.

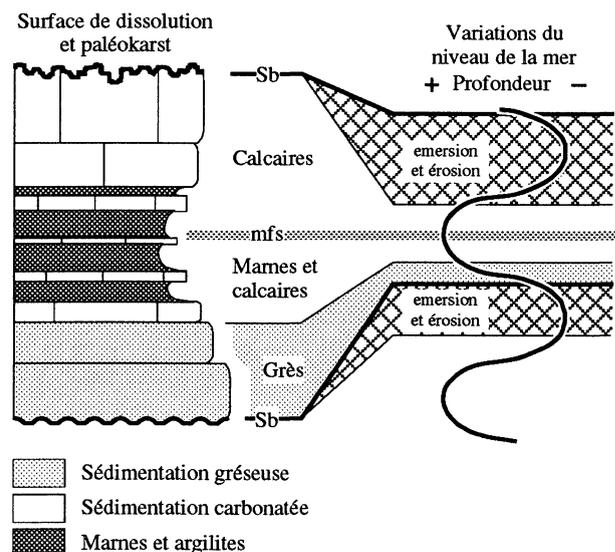


FIG. 42.- Séquence de dépôt en période transgressive et niveau moyen de la mer relativement bas. Les grès en paraséquences stratodécroissantes existent encore à la base, mais seuls les calcaires sont bien développés au sommet (avec parfois des faciès à rudistes).

FIG. 42.- *Depositional sequence during transgressive period and relatively low relative sea-level. Thinning-up sandy parasequences are common at the bottom and thickening-up calcareous parasequences always well developed at the top (including rudist bearing limestones).*

3. Séquences de dépôt en fin de période transgressive (niveau moyen de la mer relativement haut)

La rétrogradation très importante des dépôts silicoclastiques due au niveau moyen de la mer relativement élevé implique la prépondérance de la sédimentation carbonatée, y compris au niveau de la mfs (fig. 43). Les calcaires sont prépondérants, tant dans l'IT que dans le PHN. L'IT, épais, souvent représenté par une succession de paraséquences stratocroissantes (*thickening-up*), montre deux subdivisions :

- une partie basale (*early TST*) constituée de paraséquences *shallowing-up* déposées dans des milieux marins ouverts relativement peu profonds,
- une partie sommitale (*late TST*) formée par des paraséquences cycliques. De bas en haut elles sont d'abord totalement calcaires, puis se chargent en argiles dans leur partie médiane qui devient souvent très riche en terriers de *Thalassinoides*.

Le PHN est constitué par des paraséquences stratocroissantes (*thickening-up*) épaisses, parfois plurimétriques. Les indices d'émersion sont soulignés par la présence de nombreux *Spongeliomorpha*. La diversité et l'abondance des bioclastes et de la microfaune décroît très rapidement, mais les milieux de dépôt sont pour l'essentiel marins ouverts et de profondeur relativement faible.

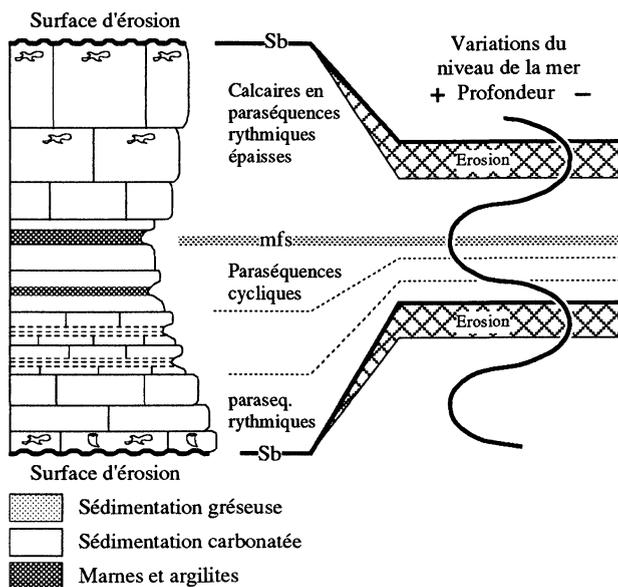


FIG. 43.- Séquence de dépôt en fin de période transgressive et niveau moyen de la mer relativement haut. Les caractères essentiels sont la présence de paraséquences cycliques dans la partie supérieure de l'intervalle transgressif (late TST) et la prépondérance des calcaires.

FIG. 43.- Depositional sequence at the end of a transgressive period during relatively high sea-level. Carbonate deposits are dominant, while cyclic parasequences occur in the late TST. HST is made of thickening-up parasequence set.

Les séquences de dépôt de ce type existent aussi bien en fin de période transgressive qu'en début de période régressive : seuls diffèrent alors le nombre des paraséquences de l'IT et l'importance des calcaires du HST.

Exemple : la séquence de dépôt 4 de la coupe d'Arbol Redondo (Aptien inférieur).

4. Séquences de dépôt en fin de période transgressive (très haut niveau moyen de la mer)

Ce cas correspond à celui des plates-formes noyées pendant la grande période transgressive de la partie moyenne du Crétacé (Albien-Turonien). Les bancs gréseux sont totalement absents en raison de l'importance de la rétrogradation des dépôts silicoclastiques grossiers (fig. 44) ; les niveaux calcaires, très peu épais, sont toujours peu développés par rapport aux marnes et aux pélites, en raison de l'ennoiement important de la plate-forme (beaucoup d'espace disponible, faible vitesse de comblement sédimentaire).

Les bancs calcaires, jamais très épais, sont stratodécroissants à la base, jusqu'à la mfs, et stratocroissants au sommet dans le prisme de haut niveau. Les marnes et pélites ont des épaisseurs maximales au voisinage des maxima de transgression.

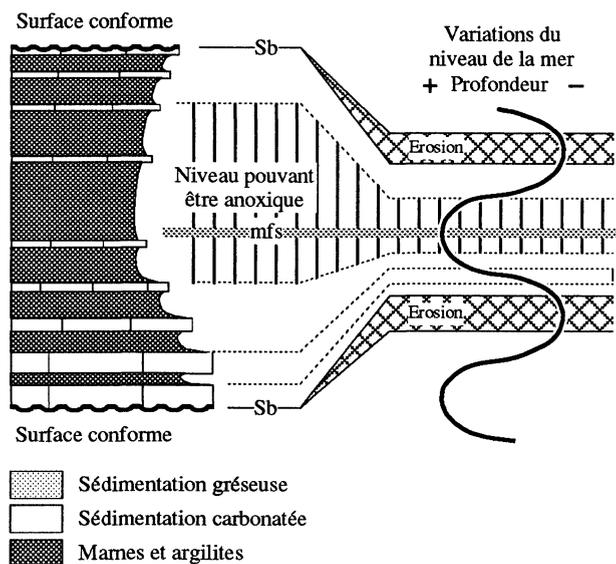


FIG. 44.- Séquence de dépôt en fin de période transgressive et très haut niveau moyen de la mer. Cette situation est celle des plates-formes noyées, cas de l'Albien supérieur-Coniacien (formation La Luna) du secteur étudié. C'est aussi dans ce contexte que se développent les milieux anoxiques.

FIG. 44.- Depositional sequences at the end of a transgressive period during very high relative sea-level. This disposition corresponds to drowned platforms, for example Late Albian to Coniacian (La Luna formation) of the studied area. Anoxic events could be well developed in that case.

La stratification des eaux et l'anoxie correspondante, illustrée par des peuplements de foraminifères pélagiques nains et l'absence du benthos s'observent fréquemment dans ce type de séquence de dépôt, notamment dans la formation La Luna. Dans ce cas, aucune trace d'émersion n'a été décelée au niveau des limites de séquences de dépôt, en dépit de l'absence des prismes de bas niveau (à moins d'interpréter en PBN la partie basale plus calcaire de l'intervalle transgressif, hypothèse que rien ne conforte).

*Exemple* : séquence de dépôt 12 de la coupe de La Aguada (Albien supérieur-Cénomanién), formation La Luna.

5. Séquences de dépôt en période régressive (niveau moyen de la mer relativement élevé)

La rétrogradation très importante des dépôts silicoclastiques due au niveau moyen de la mer relativement élevé implique encore la prépondérance de la sédimentation carbonatée (fig. 45). Dans l'IT, les paraséquences rythmiques marnes-calcaires sont de règle, avec, de bas en haut, une stratodécroissance des

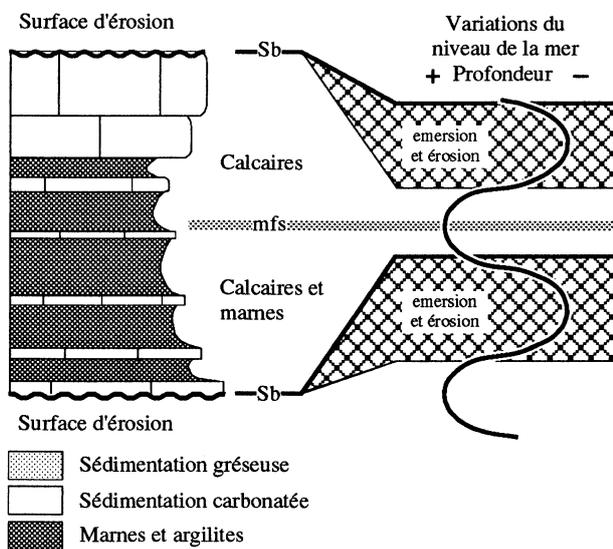


FIG. 45.- Séquence de dépôt en période régressive et niveau moyen de la mer relativement élevé. Elle est principalement argilocarbonatée, avec des niveaux de marnes bien développés. Les paraséquences entièrement calcaires n'existent que dans la partie supérieure du HST.

*FIG. 45.- Depositional sequence during regressive period and relatively high sea-level. Marly level are well developed in TST and early HST. More calcareous thickening-up parasquences occur only in the late HST (or latest early HST).*

niveaux calcaires et une stratocroissance des marnes. Le PHN est caractérisé, à la base, par la diminution très rapide puis la disparition de la partie marneuse des paraséquences et, au sommet, par des paraséquences

calcaires massives, d'épaisseur plurimétrique, au sommet desquels les milieux de dépôt sont peu profonds, montrant parfois l'apparition des colonies de *Gervillia* et de rudistes.

*Exemple* : la séquence de dépôt 3 dans la coupe de l'Agua Dulce (San Pedro, Aptien inférieur).

6. Séquences de dépôt en période régressive (niveau moyen de la mer peu élevé)

L'espace disponible est encore relativement important au niveau de la mfs. Les sédiments silicoclastiques ne s'observent que dans la partie supérieure du PHN (late HST) en raison de la progradation de plus en plus importante des dépôts terrigènes grossiers à ce niveau dans le cadre de la

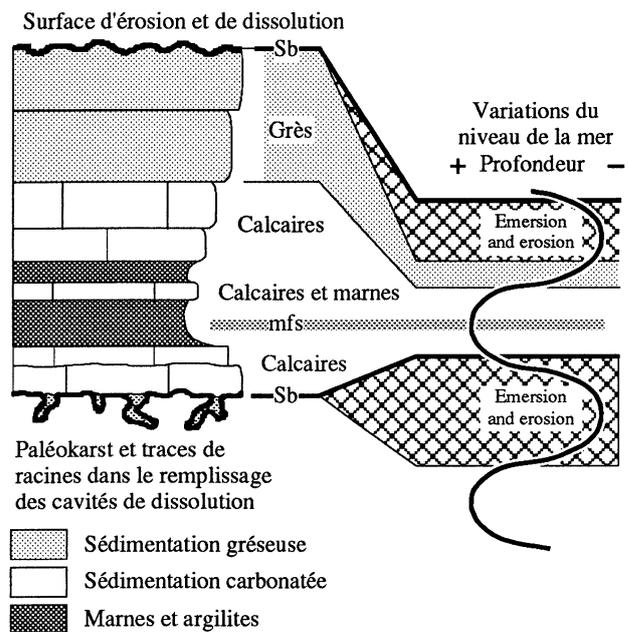


FIG. 46.- Séquence de dépôt en période régressive et niveau moyen de la mer peu élevé. Elle est caractérisée par un intervalle transgressif peu épais et le retour à une sédimentation gréseuse au sommet. La limite de séquence de dépôt basale correspond souvent à une surface de dissolution et de paléokarstification.

*FIG. 46.- Depositional sequence during regressive period and relatively low sea-level. The basal sequence boundary corresponds to emersion and paleokarstification. Paleokarst is infilled with sediments showing root molds. Above, the late TST is generally thin, made of a few number of thinning-up parasquences. HST is characterized by thickening-up calcareous, then siliciclastic parasquences.*

régression généralisée (fig. 46). Le HST de la séquence sous-jacente est le plus souvent représenté par une barre calcaire dans ce contexte régressif, de sorte que la limite de séquence de dépôt basale correspond fréquemment à une surface d'émersion avec des dissolutions et des

paléokarsts à remplissages polyphasés et traces de racines.

L'IT est peu développé avec 2 ou 3 paraséquences calcaires au plus, surmontées par quelques paraséquences marneuses parmi lesquelles des paraséquences cycliques peuvent exister dans la partie sommitale de l'IT (*late TST*). La mfs et la base du PHN sont soulignés par des niveaux argileux. Le PHN est bien développé, constitué par plusieurs paraséquences stratocroissantes ; il se termine par des séquences gréseuses d'épaisseur décamétrique, soulignant

la progradation importante de la sédimentation silicoclastique.

*Exemple* : la séquence de dépôt 8 de la coupe de la route La Pastora-Jabón (Aptien supérieur), débutant sur un paléokarst.

*En conclusion*, en dépit de faciès le plus souvent très monotones, l'examen rapide de l'organisation des paraséquences et des séquences de dépôt sur le terrain permet maintenant d'avoir une bonne idée sur la localisation des affleurement par rapport à un Modèle général (fig. 47).

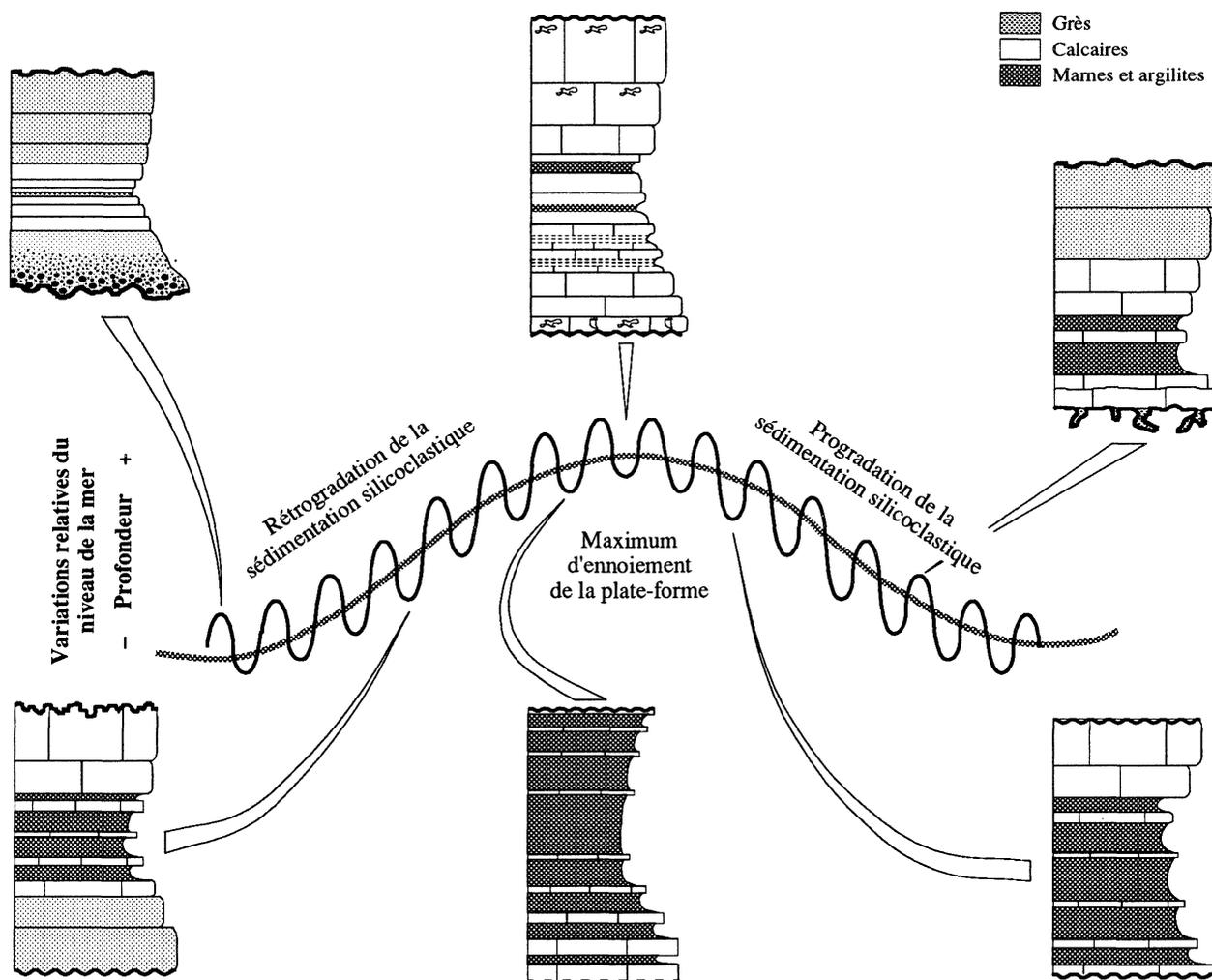
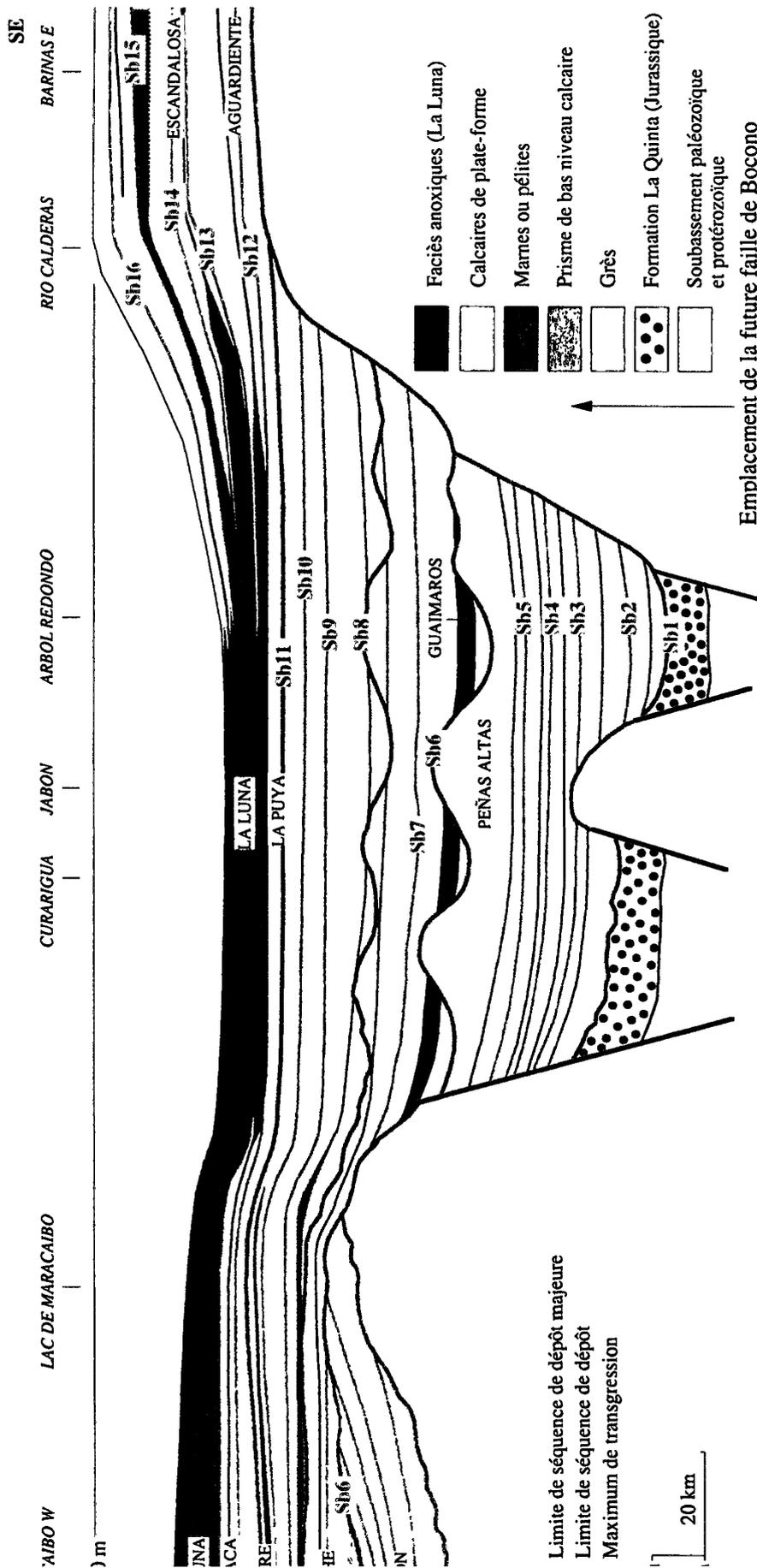


FIG. 47.— Récapitulation de l'organisation des séquences de dépôt en fonction de leur place dans un cycle à long terme des variations relatives du niveau de la mer. Les périodes de très bas niveau marin, caractérisées par l'absence de carbonates, ne sont pas représentées.

FIG. 47.— *Western Venezuela cretaceous series: general distribution of depositional sequences according to their places into a relative first or second order sea-level cycle.*



Emplacement de la future faille de Bocono

Coupe paléogéographique très schématique des dépôts du Crétacé entre la région de Barinas (sondages de Torunos, Borburata, Campo Caípe) et la région ouest de Maracaibo. Dans la région de Lara-Trujillo, la formation du Barrémien supérieur ?-Albien supérieur est dominée par les dépôts silicoclastiques grossiers (grès de la formation Peñas Altas). Dans le secteur de Barinas, les dépôts déshydratés ; ils sont principalement silicoclastiques (gréseux et argileux) sauf pour le membre "O", calcaire, de la formation Escandalosa. Dans la région de Maracaibo, la sédimentation apto-albienne est principalement carbonatée (groupe La Luna). La surface de transgression basale est certainement très irrégulière, scellant une paléotopographie contrastée après l'extension fini-jurassique (grabens remplis par la formation La Quinta). Le jeu de grandes failles jusqu'à l'Aptien supérieur est possible, mais non prouvé ; celles qui ont été figurées sont hypothétiques mais pourraient correspondre aux failles de Valera ou d'Icoitca. Deux périodes de très bas niveau relatif de l'Aptien supérieur sont possibles, mais non prouvé ; elles sont figurées par le creusement de profondes vallées incisées à l'Aptien supérieur (limite de séquence de dépôt Sb6) et à la limite Aptien-Albien (limite de séquence de dépôt Sb8). Les paléotopographies correspondantes de l'Aptien supérieur sont figurées par l'affleurement, par exemple les *Lutitas de Guaimaros* et les calcaires de l'Aptien terminal-Albien basal, et, d'autre part, la présence d'un prisme de bas niveau au-dessus de Sb6 dans la région de Maracaibo. Ces dispositifs résultent soit de la disposition en onlaps au fond des vallées incisées, soit d'une dissolution des calcaires. Dans ce contexte, la limite de séquence de dépôt Sb6 plus comme une surface de troncature régionale : en effet, en certains points du Lac de Maracaibo, comme d'ailleurs dans la coupe de Zea, les séquences de dépôt 7 ou 8 reposent directement sur une seule séquence de l'Aptien inférieur (probablement la séquence 2 ou 3 en raison de la présence de micrites à gros nodules calcitiques). Ce dispositif est une présomption supplémentaire pour le jeu de grandes paléofailles à l'Aptien. Le rôle de la faille de Bocono est inconnu, mais elle se traduit certainement par l'existence d'un ou plusieurs escarpements sur lesquels les dépôts du Barrémien supérieur ?-Aptien devaient se disposer en onlaps. Enfin, du point de vue paléogéographique, la persistance d'une sédimentation carbonatée et de niveaux d'émergence jusqu'à la fin de l'Albien au moins dans la région de Maracaibo, implique l'existence d'un seuil temporaire entre cette région et le secteur Lara-Trujillo où les milieux de dépôt contemporains sont plus profonds et parfois dysoxygènes ou anoxiques.

## 9. – CONCLUSIONS

La série crétacée (Barrémien supérieur ? - Coniacien) des régions de Lara-Trujillo et de Barinas ouest, représentée essentiellement par des grès intercalés de plusieurs niveaux calcaires, reste relativement mal datée en raison de la rareté des bons marqueurs biostrati-graphiques. L'examen détaillé des foraminifères benthiques présents dans les intercalations calcaires nous conduisent à placer :

- la limite Barrémien-Aptien par la présence conjointe des *Sinainella* et des *Hensonella dinarica*,
- la limite Aptien inférieur-Aptien supérieur par la disparition des Choffatelles,
- la limite Aptien-Albien par la disparition des *Pseudochoffatella cuvillieri* et l'apparition des genres *Voloshinoides* ?, *Cuneolina*, *Pseudonummoloculina* et *Coskinolinoides*.

À partir de l'Albien supérieur, les ammonites et les foraminifères pélagiques, fréquents par endroits et connus depuis longtemps, ont conduit de nombreux auteurs à proposer des attributions stratigraphiques qui n'ont pas été modifiées pour l'essentiel, faute d'étude plus détaillée.

Du point de vue de la stratigraphie séquentielle, 15 séquences de dépôt ont été reconnues à l'échelle régionale entre le Barrémien supérieur possible et le Coniacien inclus. D'autres séquences de dépôt pourraient exister, notamment dans la partie supérieure de la série, mais aucune preuve n'existe quant à leur extension régionale. Toutes sont constituées par des sédiments déposés sur une plate-forme mixte silicoclastique et carbonatée localisée sur la marge nord du bouclier guyanais. Dans ce contexte, les carbonates, qui ne peuvent exister que dans des milieux peu profonds, dépourvus d'apports détritiques terrigènes grossiers, sont sous la dépendance des fluctuations de la sédimentation sableuse quartzo-feldspathique : ils se rencontrent donc pendant les périodes de rétrogradation généralisée de cette dernière, c'est-à-dire dans les intervalles transgressifs et la partie inférieure des prismes de haut niveau. Mais à plus long terme, la

remontée généralisée et importante du niveau relatif de la mer à partir de l'Albien supérieur a deux conséquences : la première est que les profondeurs deviennent trop importantes dans la région Lara-Trujillo pour la sédimentation des carbonates remplacés par des dépôts argilo-carbonatés dans des milieux marins progressivement anoxiques ; la seconde est que les dépôts sableux grossiers quartzo-feldspathiques rétrogradent considérablement vers le bouclier guyanais et s'accumulent dans le secteur plus oriental de Barinas. Aucun prisme de bas niveau n'a été reconnu dans cette région, le premier n'apparaissant que plus à l'ouest dans les calcaires du groupe Cogollo de la région de Maracaibo.

Du point de vue faciologique, tous les niveaux carbonatés de cette région sont représentés principalement par des mudstones, des wackestones et, plus rarement, par des packstones déposés dans des milieux marins calmes. Les grainstones sont très rares et correspondent le plus souvent à des dépôts de tempête. La prépondérance des milieux calmes souligne le caractère protégé de cette région par rapport à la houle océanique et surtout, aux cyclones. Dans ce contexte, les faciès de transgression, caractérisés par l'importance des remaniements, sont prépondérants. Ils traduisent des dépôts dans des milieux marins ouverts, relativement profonds (jusqu'à quelques dizaines de mètres probablement), dominés par les peuplements de bivalves et d'oursins irréguliers. Les faciès de plate-forme standard (faciès à foraminifères benthiques et gastéropodes, faciès à bird's eyes, faciès à ostracodes, faciès à Istriloculines) sont très rares, présents seulement dans les paraséquences calcaires les plus élevées des prismes de haut niveau. Les faciès à rudistes, inconnus dans toute la partie sud de la région étudiée, apparaissent seulement vers l'extérieur de la plate-forme dans la région de Curarigua et se développent fortement dans la région de Maracaibo où ils forment de beaux niveaux dans le groupe Cogollo. Cette localisation implique que les milieux peu profonds nécessaires à ces organismes ne se rencontrent qu'au sommet des prismes de haut niveau (*late HST*) et, éventuellement, à la base des intervalles transgressifs (*early TST*), c'est-à-dire lorsque la partie plus interne de

FIG. 48 (cf. page ci-contre).— Hypothetical paleogeographic section of the Cretaceous series from Barinas to the western Maracaibo region. The Late Barremian ? - Late Albian series corresponds mainly to sandstones in the Lara-Trujillo area (Peñas Altas formation). Near Barinas, late Albian deposits overlap the basement and siliciclastic sedimentation is dominant, except for the calcareous "O" member of the Escandalosa formation. The Maracaibo region is characterized by Aptian to Albian carbonate platform deposits (Cogollo group). The Cretaceous basal unconformity is probably very irregular, due to a latest Jurassic-earliest Cretaceous (Neocomian) long-term emersion and erosion following the Late Jurassic extension (grabens infilled by the red beds of La Quinta formation). Early Cretaceous paleofaults are possible while they are not proved. On the scheme these hypothetical paleofaults may correspond or are similar to Valera or Ico tea faults. Sequences boundaries Sb 6 (Late Aptian) and Sb8 (Aptian-Albian boundary) occur during very low relative sea-level periods (lowstand systems tracts above SB6 in the Maracaibo region). At that time, deep incised valleys explain the local disappearance of some levels, such as the Lutitas de Guáimaras or the latest Aptian-earliest Albian limestones. SB6 corresponds also to a regional unconformity since depositional sequences 7 or 8 overlaid several or only one early Aptian depositional sequence such as in some points of the Maracaibo region or in the Zea section. The importance of the Bocono fault is unknown but was probably linked with a structural boundary overlapped by Barremian to Aptian sediments. On the other hand, carbonate platform sedimentation up to the top of Albian in the Maracaibo region implies that a submarine ridge occurs between this area and the Lara-Trujillo one, where environments were deeper and sometimes dysoxic or anoxic.

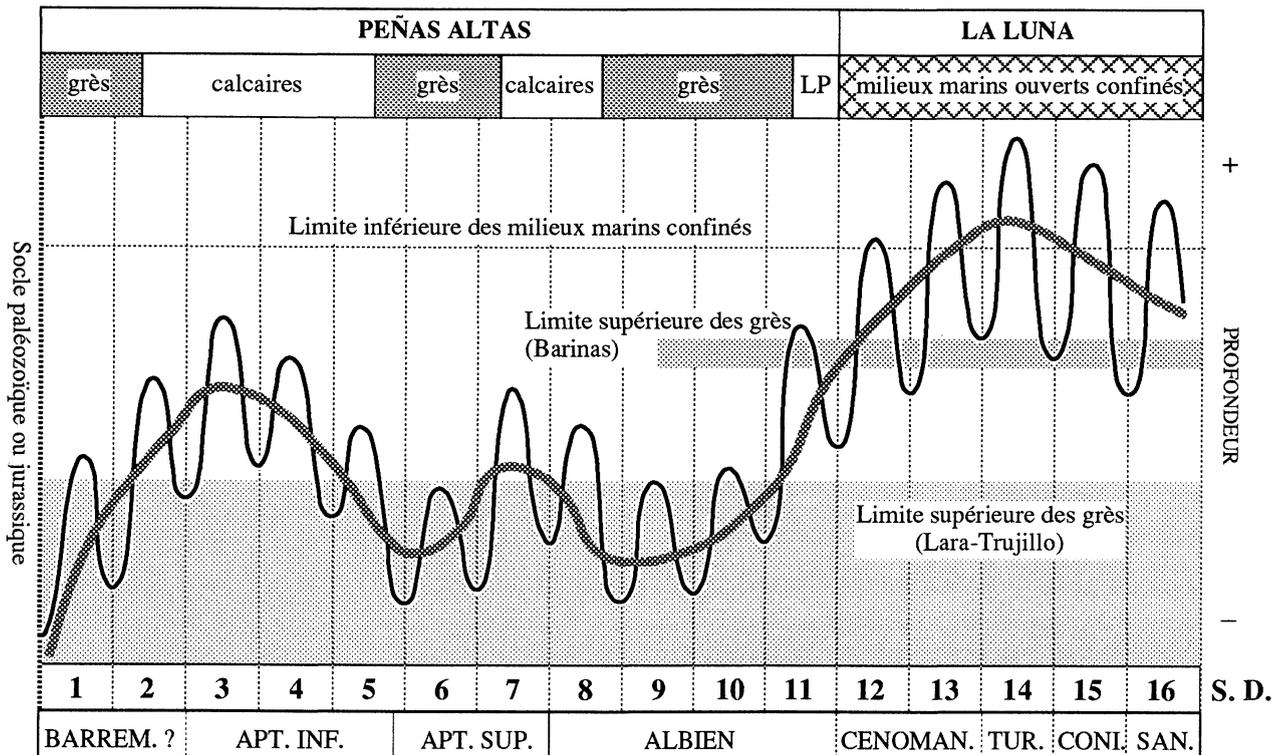


FIG. 49.— Courbe schématique des variations du niveau relatif de la mer dans les régions de Lara-Trujillo et de Barinas. LP : membre La Puya de la formation Peñas Altas ; SD : séquences de dépôt. Dans la région de Barinas, la sédimentation débute seulement à l'Albien supérieur (séquence de dépôt 11), lorsque le niveau de la mer est suffisamment haut pour transgresser cette région.

FIG. 49.— Schematic curve of relative sea-level variations in the Lara-Trujillo and Barinas regions. LP : La Puya member (Peñas Altas formation); SD : depositional sequences. In the Barinas region, the first Cretaceous deposits belong to the depositional sequence 11 (Upper Albian) as the relative sea-level was high enough to drown the Guyana shield margin.

la plate-forme était émergée et que les apports détritiques terrigènes étaient mieux canalisés jusqu'aux alentours de la bordure de la plate-forme. Déposés dans des milieux peu profonds, émergés peu après au sommet des séquences de dépôts, ces calcaires à rudistes sont fréquemment soumis à des percolations d'eaux douces, donc à des paléokarstifications, des dissolutions de coquilles et des diagenèses complexes créatrices de porosité pouvant donner naissance à d'excellents réservoirs dans les régions situées au nord et à l'ouest du secteur étudié.

Les paraséquences sont habituellement rythmiques et de type *shallowing-up*, caractérisées par un comblement sédimentaire et une diminution de la profondeur entre la base et le sommet. Certaines par contre, typiques du sommet de quelques intervalles transgressifs (*late TST*) de l'Aptien inférieur, sont cycliques, disposition qui peut être reliée à un plus grand approfondissement des milieux de dépôt sur la plate-forme.

D'une manière plus détaillée (fig. 48), la région Lara-Trujillo est caractérisée par la superposition de deux formations différentes.

**La formation Peñas Altas** renferme plusieurs niveaux calcaires dont les trois principaux se localisent au Barrémien supérieur ? - Aptien inférieur, à l'Aptien supérieur terminal- Albien basal et, au sommet (membre La Puya), à l'Albien supérieur.

– Le niveau calcaire inférieur, souvent comparé à la formation Apón, paraissant continu à l'échelle régionale, d'épaisseur pouvant atteindre 200 m, est constitué par tout ou partie des séquences de dépôt 2 à 5. La base pourrait être d'âge barrémien supérieur, bien que cette attribution n'ait pas été prouvée, tandis que le sommet est daté de l'Aptien inférieur.

– La limite de séquence de dépôt Sb6, très érosive, se traduit par la présence vraisemblable de très profondes vallées incisées. Le membre argileux des Lutitas de Guáimaras, dont l'aspect discontinu à l'affleurement est connu depuis longtemps, pourrait correspondre au remplissage de ces vallées incisées. En dehors de la région étudiée, cette limite de séquence de dépôt Sb6 apparaît comme une discordance régionale qui tronque les niveaux sous-jacents et qui est recouverte en onlaps par les dépôts des séquences 7 et 8. Une telle disposition pourrait traduire le jeu de paléofailles à l'Aptien supérieur, supposition qui reste à étayer mais dont des indices existent à l'échelle microscopique.

– Le niveau calcaire médian, très discontinu à l’affleurement, d’épaisseur inférieure ou voisine de 50 m, se situe à la limite Aptien-Albien et se place dans les deux séquences de dépôt 7 et 8. La limite de séquence de dépôt Sb8, très érosive, est caractérisée par l’émersion et la paléokarstification du toit des calcaires de la séquence de dépôt 7. Là encore, de très importantes vallées incisées semblent exister.

– Le niveau argilo-carbonaté supérieur, qui correspond au membre La Puya, est lié à l’ennoiement très rapide de la plate-forme pendant l’Albien supérieur. Il passe progressivement vers le haut à la formation La Luna.

**La formation La Luna**, peu épaisse, paraît très homogène à l’échelle régionale. Elle est caractérisée par l’apparition, puis le développement progressif des niveaux anoxiques jusqu’à un maximum d’approfondissement qui se place au Turonien inférieur.

Dans la région de Barinas, les deux coupes du Río Santo Domingo et du Río Calderas ont pu être corrélées, d’une part, avec les sondages publiés des champs pétroliers de ce secteur et, d’autre part, avec la formation La Luna du versant occidental des Andes. Au-

dessus de la transgression basale, datée de l’Albien supérieur par Helenes *et al.* [1998], l’espace disponible créé par la remontée du niveau relatif de la mer est important, mais la profondeur des milieux de dépôt augmente progressivement jusqu’au Turonien inférieur malgré l’ampleur du comblement sédimentaire qui se traduit par une série d’environ 250 m d’épaisseur.

*Du point de vue morphologique*, la région étudiée correspondait à une rampe très faiblement inclinée, marquée par la disparition progressive des faciès à bivalves vers le nord, comme le montrent les corrélations établies pour l’Aptien inférieur entre Arbol Redondo (Trujillo) et San Pedro ou pour l’Albien supérieur (membre La Puya) entre La Urbina et La Aguada. Compte tenu de l’importance du comblement sédimentaire, la présence de cette rampe faiblement inclinée pourrait être due à une subsidence régionale de vitesse croissante entre le bouclier guyanais et l’océan Caraïbe. Nulle part dans cette région la bordure morphologique de la plate-forme n’est atteinte comme le montre l’absence totale des prismes de bas niveau. Cette bordure, ainsi que des PBN riches en niveaux à rudistes, devait se trouver plus au nord, dans une région

## LITHOLOGIE

	Grès et grès fins <i>Sandstones</i>
	Grès très grossiers <i>Coarse grained sandstones</i>
	Calcaire gréseux et grès calcaires <i>Calcareous sandstones</i>
	Calcaires <i>Limestones</i>
	Dolomies <i>Dolomite</i>
	Marnes et argilites <i>Marls and clays</i>

## STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE

	Prisme de haut niveau <i>Highstand systems tract</i>
	Maximum de transgression <i>Maximum flooding surface</i>
	Intervalle transgressif <i>Transgressive systems tract</i>
	Limite de séquence de dépôt <i>Sequence boundary</i>
	Maximum de transgression <i>Maximum flooding surface</i>

## LITAGES

	Litages plans <i>Planar bedding</i>
	Litages ondulés <i>Ondulated bedding</i>
	Litages obliques entrecroisés <i>Cross bedding</i>
	Litages sigmoïdes <i>Sigmoidal bedding</i>
	Litages festonnés

## FAUNE ET ÉLÉMENTS

	Foraminifères pélagiques <i>Planktonic foraminifers</i>
	Foraminifères benthiques <i>Benthic foraminifers</i>
	Orbitolines <i>Orbitolines</i>
	Ammonites <i>Ammonites</i>
	Spicules de spongiaires <i>Sponge spicules</i>
	Polypiers isolés <i>Isolated corals</i>
	Madréporaires <i>Corals</i>
	Écailles de poissons <i>Fish remnants</i>
	Echinides <i>Echinids</i>
	Crinoïdes <i>Crinoids</i>

	Brachiopodes <i>Brachiopods</i>
	Annélides <i>Annelids</i>
	Huîtres <i>Oysters</i>
	Bivalves épibiontes <i>Epibiontic bivalves</i>
	Bivalves endobiontes <i>Endobiontic bivalves</i>
	Bivalves fragmentés <i>Bivalve clasts</i>
	Rudistes <i>Rudists</i>
	Gastéropodes <i>Gastropods</i>
	Ostracodes <i>Ostracodes</i>
	Traces de racines <i>Root molds</i>

	<i>Gervillia</i>
	<i>Arenicolites</i>
	<i>Thalassinoides</i>
	<i>Spongiomorpha</i>
	Oolites
	Oncoides
	Gl Glauconite
	Ph Phosphate
	Py Pyrite
	Dolomie
	Nodules calcitiques <i>Calcitic vugs</i>

FIG. 50.– Légende des symboles et figurés utilisés.

FIG. 50.– Legend of figures.

couverte aujourd'hui par les nappes de l'allochtone [nappes de Lara, Stephan, 1985]. Cette hypothèse est confortée par la présence, dans les flyschs allochtones des nappes de Lara, de gros blocs de calcaires apto-albiens à nombreux rudistes et foraminifères benthiques.

*Du point de vue des variations relatives du niveau de la mer, l'analyse sédimentaire et l'organisation des séquences de dépôt permet de proposer une courbe à long terme (fig. 49). Après une remontée relativement rapide à l'Aptien inférieur, le niveau moyen est plus bas à l'Aptien supérieur et à l'Albien inférieur-moyen, en dépit d'une fluctuation positive à la limite Aptien-Albien. C'est à l'Albien supérieur que l'élévation du niveau relatif de la mer devient suffisamment rapide pour entraîner rapidement l'enneigement de la plateforme dans la région Lara-Trujillo et la transgression de la région de Barinas. Ces variations sont très semblables à celles connues dans beaucoup d'autres régions de la Téthys. Il en résulte que l'important comblement sédimentaire, les variations des vitesses de subsidence et l'influence éventuelle de paléofailles crétacées actives ne suffisent pas pour masquer l'influence des variations eustatiques du niveau de la mer.*

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions les sociétés Corpoven et Maraven, anciennes filiales de Pdvsa, pour leur autorisation de publier nos résultats, et pour la seconde, de nous avoir invité à la lithothèque de La Concepcion pour l'étude de quelques sondages de la région de Maracaibo. Nous remercions très vivement la société Aguasuelos Ingenieria et son responsable Nelson Cortes qui, dans un cadre contractuel, ont assuré le soutien logistique remarquable des missions de terrain. Sur le terrain et au laboratoire, nous sommes redevable à Monsieur le Professeur Oscar Odreman à qui nous devons la visite de quelques très beaux affleurements de la région d'Uribante, ainsi qu'à Maria Antonieta Lorente et Irina Truskowski pour leurs connaissances des séries de la région de Maracaibo. En Europe, nous sommes redevables à F. Amédro, L. Bulot, M. Caron, J. Kennedy, J.-L. Latil, J.-P. Masse et J.-P. Thieuloy pour la détermination des rares ammonites, foraminifères pélagiques et algues présents dans nos échantillons. Enfin, nous remercions D. Arnaud qui a photographié plus de mille sections de foraminifères benthiques de ce secteur.

## Références

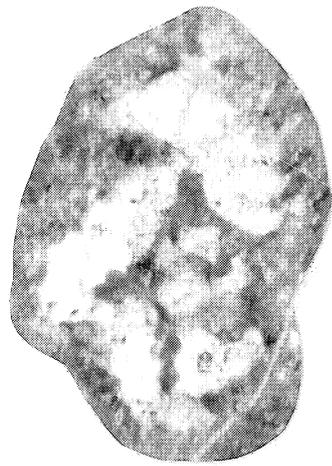
- ARNAUD-VANNEAU A. (1980). – Micropaléontologie, paléocéologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la Téthys : l'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse (Alpes occidentales). *Géologie Alpine*, Grenoble, Mém. H.S. **10**, 874 p.
- ARNAUD-VANNEAU A. (1986). – Épisodes transgressifs et renouvellements des foraminifères benthiques sur les plates-formes du Crétacé inférieur du sud de la France. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **10**, 2, 405-420.
- ARNAUD-VANNEAU A., CONRAD M.A., DELOFFRE R., LUPPERTO-SINNI E., MASSE J.-P., PEYBERNÈS B., RADOICIC R., SOKAC B. & VELIC I. (1991). – Distribution of Lower Cretaceous Foraminifera and Dasycladid algae of the Adriatic Plate. In Velic I. & Vlahovic I., eds. : 2nd International Symposium on the Adriatic Carbonate Platform - Relations with adjacent regions. Institute of Geology, Zagreb, Croatia, 22-26.
- ARNAUD H., ARNAUD-VANNEAU A., CARON M., MACSOTAY O., MASSE J.-P., STEPHAN J.-F. & THIEULOY J.-P. (1991). – Les carbonates du Crétacé inférieur dans la région Curarigua-El Tocuyo-Barinitas-Trujillo (Venezuela occidentale). Rapport Aguasuelos Ingeniería, 109 p, 76 fig.
- ARNAUD H. & ARNAUD-VANNEAU A. (1997). – The Lower Cretaceous carbonate series of Western Venezuela : sequence stratigraphy interpretation. Rapport Maraven, 32 p., 21 fig.
- BARTOK P., REIJERS T.J.A. & JUHASZ I. (1981). – Lower Cretaceous Cogollo group, Maracaibo basin, Venezuela - sedimentology, diagenesis and petrophysics. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **65**, 1110-1134.
- BERTRAM G., EMERY D., GRIFFITHS C, MILTON N., MYERS K., REYNOLDS T., RICHARDS M. & STURROCK S. (1996). – Sequence Stratigraphy. D. Emery & K.J. Myers eds, Blackwell Science, Oxford, 297 p.
- BROMLEY R.G. (1996). – Trace fossils. Biology, Taphonomy and Applications. Chapman & Hall ed., 360 p.
- CHARTROUSSE A. & MASSE J.-P. (1998). – *Offneria simplex* nov. sp. (rudiste, caprinidae) du Barrémien du Sud-Est de la France et de Cuba. Implications sur la biostratigraphie et l'évolution du genre *Offneria*. *Bull. Soc. géol. France*, **169**, 6, 841-850.
- CHIGNE N. (1985). – Aspectos relevantes en la exploración de Apure. In Proceedings of the 2nd Simposio Bolivariano : Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Bogota, Colombia, 52 p.
- COOPER M.A., ADDISON F.T., ALVAREZ R., CORAL M., GRAHAM R.H., HAYWARD A.B., HOWE S., MARTINEZ J., NAAR J., PEÑAS R., PULHAM A.J. & TABORDA A. (1995). – Basin Development and Tectonic History of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **79**, 10, 1421-1443.
- DAVILA M.E. (1997). – Sedimentología y diagénesis de la seccion productora des Campo Caipe, Cuenca de Barinas. VIII Congreso Geológico Venezolano, I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Porlamar, **1**, 223-229.
- ESCAMILLA J.H., DE GUERRA C. & VÁSQUEZ J. (1994). – Estratigrafía por secuencias del Crétacé Superior en el subsuelo del area de Barinas. In Proceedings of the 5th Simposio Bolivariano : Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Puerto La Cruz, Venezuela, 29-39.
- ERLICH R.N., MACSOTAY O., NEDERBRAGT A.J. & ANTONIETA LORENTE M. (1999). – Palaeoecology, palaeogeography and depositional environments of Upper Cretaceous rocks of western Venezuela. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **153**, 203-258.
- GAENSLEN G. (1962). – A discussion of the Cretaceous stratigraphy of the southwest Barinas mountain front. *Boletín Informativo*, **5**, 65-74.
- GALEA ALVAREZ F.A. (1989). – Microfacies, edad y ambiente de sedimentacion de la formacion La Luna, Flanco Norandino, Venezuela. *Contribuciones de los Simposios sobre el Crétacico de America Latina*, Buenos Aires, A, 57-73.
- GHOSH S.K. (1984). – Late Cretaceous condensed sequence, Venezuelan Andes. In Bonini W.E., Hargraves R.B. & Shagam R. Eds. The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics. *Geol. Soc. Am. Mem.*, **162**, 317-324.
- GONZALEZ DE JUANA C., AROZENA J.A. & PICARD CADILLAT X. (1980). – Geología de Venezuela y sus cuencas petrolífera. Ediciones Fonives, Caracas, 1031 p.
- GÖRÖG A. & ARNAUD-VANNEAU A. (1996). – Lower Cretaceous Orbitolinas from Venezuela. *Micropaleontology*, **42**, 1, 65-78.
- HELENES J., DE GUERRA C. & VÁSQUEZ J. (1998). – Palynology and Chronostratigraphy of the Upper Cretaceous in the Subsurface of the Barinas Area, Western Venezuela. *Am. Ass. Petrol. Geol.*, **82**, 7, 1308-1328.
- HOEDEMAEKER P.J. & BULOT L. (1990). – Preliminary ammonite zonation of the Lower Cretaceous of the Mediterranean region. *Géologie Alpine*, Grenoble, **66**, 123-127.
- HOEDEMAEKER P.J., COMPANY M. *et al.* (1993). – Ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean region ; basis for the stratigraphic correlations within IGCP-Project 262. *Revista Española de Paleontología*, Madrid, **8**, 1, 117-120.
- JAILLARD E. (1997). – Síntesis estratigráfica y sedimentológica del Cretaceo y Paleogeno de la cuenca oriental del Ecuador. Informe final del Convenio ORSTOM-PETROPRODUCCIÓN, 164 p, 113 fig.
- GARCIA JARPA R., GHOSH S., RONDON F., FIERRO I., SAMPOL M.S., BENEDETTO G.A., MEDINA C.J., ODREMAN O. & USECHE A. (1980). – Correlación estratigráfica y síntesis paleoambiental del Cretaceo de los Andes Venezolanos. *Boletín de Geología* (M. E. M., Caracas), **XIV**, 26, 3-88.
- KARSTEN H. (1886). – Géologie de l'ancienne Colombie bolivarienne. Venezuela, Nouvelle-Grenade et Ecuador. R. Friedländer & sohn eds, Berlin, 62 p., 6 pl.
- KISER G.D. (1961). – Review of the Cretaceous stratigraphy of the southwest Barinas mountain front. *Boletín Informativo*, **4**, 335-359.
- LATIL J.-L. (1994). – Bibliographic data about the recognition of Albian Ammonite zones and subzones in Central Tethyan realm : biostratigraphy and paleontology (Ammonites). *Géologie Alpine*, Grenoble, mém. HS **20**, 61-66.
- LUGO J. (1994). – The Merida Arch : tectonic control on deposition from Late Mesozoic to Early Cenozoic in Western Venezuela. In Proceedings of the 5th Simposio Bolivariano : Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Puerto La Cruz, Venezuela, 281-310.
- LUGO J. & MANN P. (1995). – Jurassic-Eocene tectonic evolution of Maracaibo basin, Venezuela. In Tankard A.J., Suárez Soruco R. & Welsink H.J. eds., Petroleum Basins of South America. *Am. Ass. Petrol. Geol. Mem.*, **62**, 699-720.

- MACELLARI C.E. (1988). – Cretaceous paleogeography and depositional cycles of western South America. *J. South. Am. Earth. Sci.*, **1**, 373-418.
- MACELLARI C.E. & DE VRIES T.J. (1987). – Late Cretaceous upwelling and anoxic sedimentation in northwestern South America. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **59**, 179-192.
- MACSOTAY O. & ALVAREZ E. (1987). – Formación Chuparipal : Nueva unidad carbonática del Cretáceo Inferior en el Nororiente de Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Geol.*, **29**, 18-29.
- MARTÍNEZ & HERNANDEZ R. (1992). – Evolution and drowning of the Late Cretaceous Venezuelan carbonate platform. *J. South. Am. Earth. Sci.*, **5**, 197-210.
- MAYNC W. (1949). – The foraminiferal genus *Choffatella* Schlumberger in the Lower Cretaceous (Urgonian) of the Caribbean Region (Venezuela, Cuba, Mexico, and Florida). *Eclogae geol. Helv.*, **42**, 529-547.
- ORTUNO-ARZATE F. (1985). – Evolution sédimentaire mésozoïque du bassin rift Chihuahua le long d'une transversale Aldama-Ojinaga (Mexique). *Thèse Univ. Pau.*, 350 p, 120 fig.
- OWEN H.G. (1984). – The Albian Stage : European Province Chronology and Ammonite Zonation. *Cretaceous Research*, London, **5**, 329-344.
- PARNAUD F., GOU Y., PASCUAL J.-C., CAPELLO M. A., TRUSKOWSKI I. & PASSALACQUA H. (1995). – Stratigraphic synthesis of Western Venezuela. In Tankard A.J., Suárez S. & Welsink H.J. eds., Petroleum basins of South America. *Am. Ass. Petrol. Geol. Mem.*, **62**, 681-698.
- PÉRÈS J.-M. (1961). – Océanographie biologique et biologie marine. Presse Universitaire de France ed., Paris, 541 p.
- PETZALL C., STAINFORTH R.M., GONZÁLEZ DE JUANA C., MARTÍN BELLIZZIA C *et coll.* (1978). – Lexique stratigraphique international, volume V, Amérique latine, fascicule 3A, Venezuela. Ed. C.N.R. S., Paris, 711 p.
- PINDELL J.L., HIGGS R. & DEWEY J.F. (1998). – Cenozoic palinspastic reconstruction, paleogeographic evolution and hydrocarbon setting of the northern margin of South America. In Paleogeographic Evolution and Non-glacial Eustasy, Northern South America, *SEPM Special Publication*, **58**, 45-85.
- RENZ O. (1959). – Estratigrafía del Cretáceo de Venezuela Occidental. *Boletín de Geología*, **5**, 10, 3-48.
- RENZ O. (1961). – Correlation of geologic formations in Venezuela. *Boletín Informativo*, **4**, 199-203.
- RENZ O. (1968). – Über die Untergattungen *Venezoliceras* und *Laraiceras* n. subgen. der Gattung *Oxytropidoceras* Stieler (Ammonoidea) aus den Venezolanischen Anden. *Eclogae Geol. Helv.*, **61**, 2, 615-656.
- RENZ O. (1970). – Über die Gattungen *Parengonoceras* Spath, *Knemicerias* Böhm und *Neophlycticeras* Spath (Ammonoidea) aus den Anden Venezuelas. *Eclogae Geol. Helv.*, **63**, 3, 1021-1058.
- RENZ O. (1971). – Die Gattungen *Hysterocheras* SPATH und *Mortoniceras* MEEK (Ammonoidea) aus den Anden Venezuelas. *Eclogae Geol. Helv.*, **64**, 3, 569-609.
- RENZ O. (1972). – Die Gattungen *Puzosia* Bayle, *Bhimaites* Matsumoto und *Desmoceras* Zittel (Ammonoidea) im Oberen Albien Venezuelas. *Eclogae Geol. Helv.*, **65**, 3, 701-724.
- RENZ O. (1982). – The Cretaceous ammonites of Venezuela. Birkhäuser verlag ed., Basel, 132 p., 40 pl.
- ROBASZYNSKI F., CARON M., DUPUIS C., AMEDRO F., CALANDRA F., DELOFFRE R., GARTNER S., GONZALEZ DONOSO J.-M., HARDENBOL J. & LINARES D. (1990). – Litho-biostratigraphie, microfaciès et séquences stratigraphiques dans le Turonien d'un secteur de Tunisie centrale. *Bull. Soc. géol. France*, **8**, VI, 6, 1011-1024.
- ROD E. & MAYNC W. (1954). – Revision of Lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **38**, 193-283.
- SCHINDLER U. & CONRAD M.A. (1994). – The Lower Cretaceous Dasycladales from the Northwestern Friuli Platform and their distribution in chronostratigraphic and cyclographic units. *Revue de Paléobiologie*, **13**, 1, 59-96.
- SIMMONS M.D. & HART M.B. (1987). – The biostratigraphy and microfacies of the Early to mid-Cretaceous carbonates of Wadi Mi'aidin, Central Oman Mountains. *Micropalaeontology of Carbonate environments*. Ellis Horwood Ltd ed., Chichester, ch. 10, 176-207.
- SMITH R.J. (1951). – The Cretaceous limestone-producing areas of the Lara and Maracaibo Districts, Venezuela. *Illrd. World Petrol. Congr.*, La Haye, Proc. sec. I, 56-72.
- STEPHAN J.-F. (1985). – Andes et Chaîne Caribe sur la transversale de Barquisimeto (Venezuela) : évolution géodynamique. In Mascle A. (Ed.), Géodynamique des Caraïbe. Paris, Éditions Technip, 505-529.
- TRIBOVILLARD N.P., COTILLON P. & STEPHAN J.F. (1990). Les concrétions carbonatées des roches mères du Crétacé supérieur des Andes de Mérida (Venezuela). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **311**, 1227-1233.
- TRIBOVILLARD N.P., STEPHAN J.F., MANIVIT H., REYRE Y., COTILLON P. & JAUTÉE E. (1991). – Cretaceous black shales of Venezuelan Andes : preliminary results on stratigraphy and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **81**, 313-321.
- TRUSKOWSKI I., GALEA-ALVAREZ F. & SLITER W.V. (1996). – Late Cretaceous Biostratigraphy of the La Luna Formation, Maracaibo Basin. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **80**, 8, p. 1341.
- VAHRENKAMP V.C., FRANSSSEN R.C.W., GRÖTSCH J. & MUNOZ P.J. (1993). – Maracaibo platform (Aptian-Albian), Northwestern Venezuela. In Simo T., Scott R. W. & Masse J.-P. Eds. *Am. Ass. Petrol. Geol. Mem.*, **56**, 25-33.
- VAN WAGONER J.C., POSAMENTIER H.W., MITCHUM R.M., VAIL P.R., SARG J.F., LOUTIT T.S. & HARDENBOL J. (1988). – An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In Sea-Level Changes - An Integrated Approach, *SEPM Special Publication*, **42**, 39-45.
- ZAMBRANO E., VASQUEZ E., DUVAL B., LATREILLE M. & COFFINIÈRES B. (1970). – Synthèse paléogéographique et pétrolière du Venezuela occidental. *Revue Inst. Français Pétrole*, **XXVI**, 1, 1449-1492.



## Planche 1

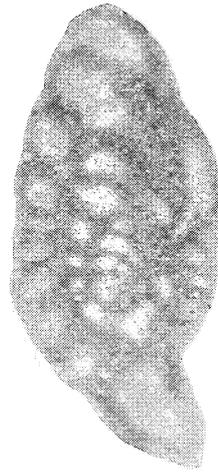
- Fig. 1 – *Buccicrenata subgoodlandensis* (VANDERPOOL, 1933).  
Ech. n°4523 - Curarigua, coupe du Cerro el Cocuy, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 2 – *Pseudocyclammina* sp.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 50.
- Fig. 3 – *Mayncina* sp. cf *Mayncina bulgarica* LAUG, PEYBERNÈS et REY, 1980.  
Ech. n°4474 - Jabón, coupe de la piste de San Pedro, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 4 – *Mayncina* sp. cf *Mayncina bulgarica* LAUG, PEYBERNÈS et REY, 1980.  
Ech. n°4461 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 5 – *Melathrokerion praesigali* (BANNER, 1966).  
Ech. n°4534 - Curarigua, coupe du Cerro el Cocuy, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 6 – *Melathrokerion praesigali* (BANNER, 1966).  
Ech. n°4484 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 7 – *Melathrokerion praesigali* (BANNER, 1966).  
Ech. n°4394 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 8 – *Scultobaculites* sp. cf *Scultobaculites goodlandensis* (CUSHMAN & ALEXANDER).  
Ech. n°4269 - Curarigua, coupe du Cerro Los Curaries, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 9 – *Scultobaculites* sp. cf *Scultobaculites goodlandensis* (CUSHMAN & ALEXANDER).  
Ech. n°4261 - Curarigua, coupe du Cerro Los Curaries, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 10 – *Sinainella* sp.  
Ech. n°4464 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 11 – *Sinainella* sp.  
Ech. n°4446 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 12 – *Hoffatella decipiens* SCHLUMBERGER, 1905.  
Ech. n°4270 - Curarigua, coupe du Cerro Los Curaries, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 13 – *Hoffatella decipiens* SCHLUMBERGER, 1905.  
Ech. n°4400 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 14 – *Hoffatella decipiens* SCHLUMBERGER, 1905.  
Ech. n°4256 - Curarigua, coupe du Cerro Los Curaries, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 15 – *Hoffatella decipiens* SCHLUMBERGER, 1905.  
Ech. n°4260 - Curarigua, coupe du Cerro Los Curaries, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 16 – *Hoffatella decipiens* SCHLUMBERGER, 1905.  
Ech. n°4390 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 17 – *Hoffatella decipiens* SCHLUMBERGER, 1905.  
Ech. n°4384 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Aptien inférieur. x 50.



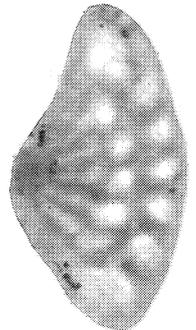
1



2



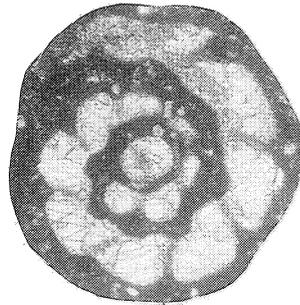
★3



★4



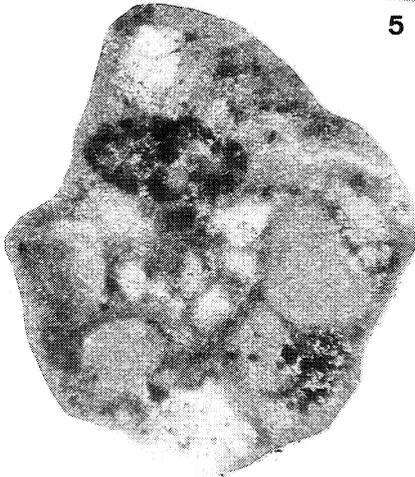
5



6



7



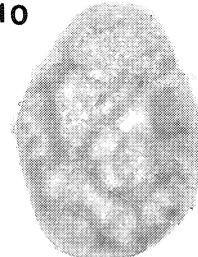
★8



★9

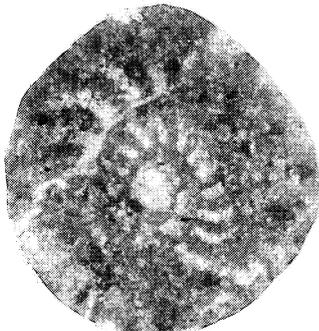


★10

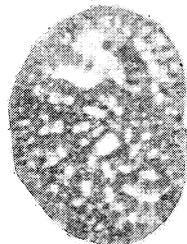


★11

★100μ  
200μ



12



13



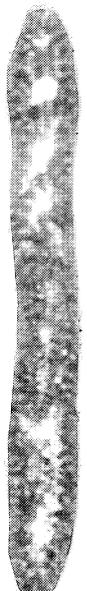
14



15



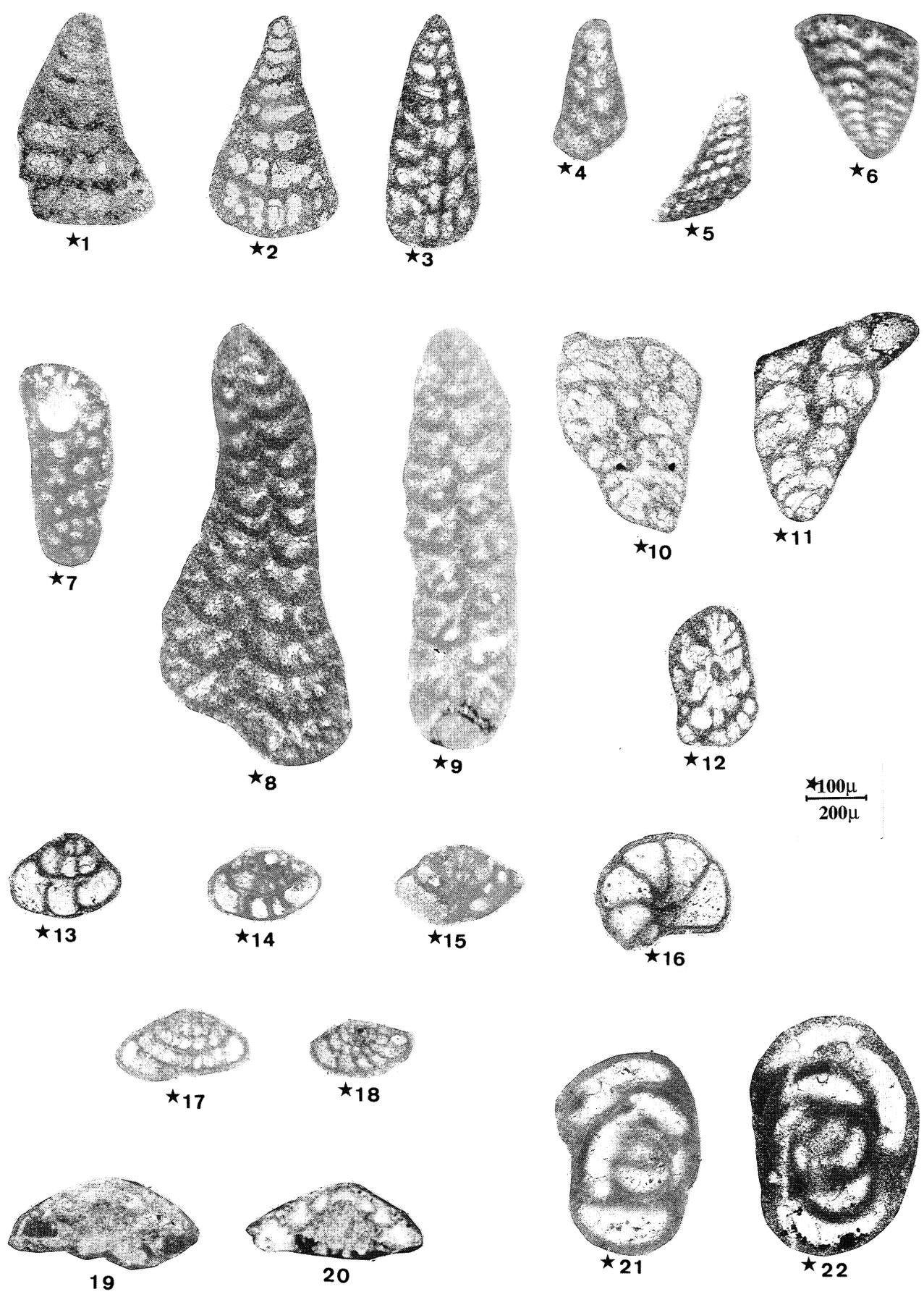
16



17

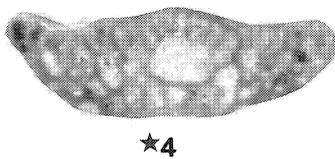
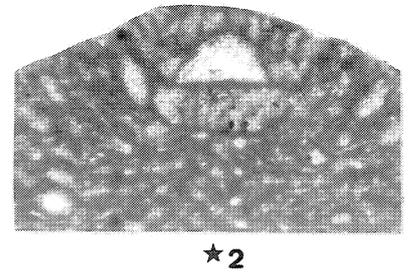
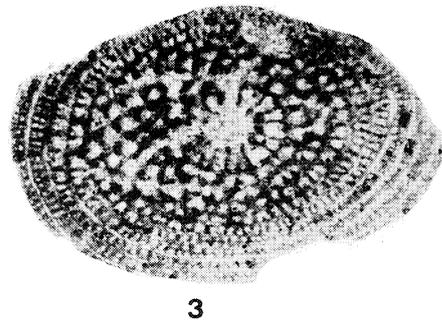
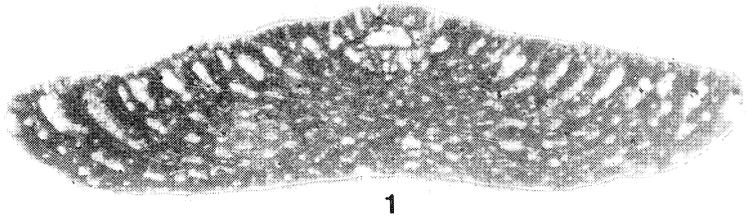
## Planche 2

- Fig. 1 – *Vercorsella* sp. cf *Vercorsella scarsellai* (DE CASTRO, 1963).  
Ech. n°4307 - Coupe de La Loma, entre Curarigua et El Tocuyo, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 2 – *Vercorsella* sp. cf *Vercorsella scarsellai* (DE CASTRO, 1963).  
Ech. n°4456 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 3 – *Vercorsella arenata* ARNAUD-VANNEAU, 1980.  
Ech. n°4484 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 4 – *Vercorsella arenata* ARNAUD-VANNEAU, 1980.  
Ech. n°4434 - Jabón, coupe de la piste de San Pedro, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 5 – *Sabaudia minuta* (HOFKER, 1965).  
Ech. n°4488 - La Loma, coupe du Cerro Los Platones, entre Curarigua et El Tocuyo, Aptien supérieur ?  
(ou Albien basal ?). x 100.
- Fig. 6 – *Novalesia* sp. cf *Novalesia angulosa* (MAGNIEZ, 1972).  
Ech. n°4381 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 7 – *Cuneolina parva* HENSON, 1948.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 8 – *Cuneolina parva* HENSON, 1948.  
Ech. n°4428 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 9 – *Cuneolina parva* HENSON, 1948.  
Ech. n°4429 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 10 – *Voloshinoides* ? sp.  
Ech. n°4498 - La Loma, coupe du Cerro Los Platones, entre Curarigua et El Tocuyo, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 11 – *Voloshinoides* ? sp.  
Ech. n°4498 - La Loma, coupe du Cerro Los Platones, entre Curarigua et El Tocuyo, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 12 – *Voloshinoides* ? sp.  
Ech. n°4498 - La Loma, coupe du Cerro Los Platones, entre Curarigua et El Tocuyo, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 13 – *Nezzazata isabellae* ARNAUD-VANNEAU & SLITER, 1995.  
Ech. n°4485 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 100.
- Fig. 14 – *Nezzazata isabellae* ARNAUD-VANNEAU & SLITER, 1995.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 15 – *Nezzazata isabellae* ARNAUD-VANNEAU & SLITER, 1995.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 16 – *Nezzazata isabellae* ARNAUD-VANNEAU & SLITER, 1995.  
Ech. n°4485 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 10.
- Fig. 17 – *Nezzazata* sp. B.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100
- Fig. 18 – *Nezzazata* sp. B.  
Ech. n°4249 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 19 – *Neotrocholina* sp.  
Ech. n°4440 - Jabón, coupe de la piste de San Pedro, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 20 – *Neotrocholina* sp.  
Ech. n°4451 - San Pedro, coupe du Cerro Agua Dulce, Aptien inférieur. x 50.
- Fig. 21 – *Pseudonummoloculina aurigerica* CALVEZ, 1980.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 22 – *Pseudonummoloculina aurigerica* CALVEZ, 1980.  
Ech. n° 4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.



### Planche 3

- Fig. 1 – *Orbitolina (Mesorbitolina) ovalis* GÖRÖG & ARNAUD-VANNEAU, 1996.  
Ech. n°4421 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Aptien supérieur sommital ? x 50.
- Fig. 2 – *Orbitolina (Mesorbitolina) ovalis* GÖRÖG & ARNAUD-VANNEAU, 1996.  
Ech. n°4417 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Aptien supérieur sommital ? x 100.
- Fig. 3 – *Orbitolina (Mesorbitolina) ovalis* GÖRÖG & ARNAUD-VANNEAU, 1996.  
Ech. n°4421 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Aptien supérieur sommital ? x 50.
- Fig. 4 – *Orbitolina (Mesorbitolina) ovalis* GÖRÖG & ARNAUD-VANNEAU, 1996.  
Ech. n°4415 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Aptien supérieur sommital ? x 100.
- Fig. 5 – *Orbitolina (Mesorbitolina) ovalis* GÖRÖG & ARNAUD-VANNEAU, 1996.  
Ech. n°4415 - - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Aptien supérieur sommital ? x 100.
- Fig. 6 – *Coskinolinoïdes* sp. cf *Coskinolinoïdes texanus*, KEIJZER, 1942.  
Ech. n°4247 - San Pedro, coupe de la Fila San Francisco, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 7 – *Coskinolinoïdes* sp. cf *Coskinolinoïdes texanus*, KEIJZER, 1942.  
Ech. n°4429 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 8 – *Coskinolinoïdes* sp. cf *Coskinolinoïdes texanus*, KEIJZER, 1942.  
Ech. n°4422b - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Aptien terminal ou Albien inférieur ? x 100.
- Fig. 9 – *Coskinolinoïdes* sp. cf *Coskinolinoïdes texanus*, KEIJZER, 1942.  
Ech. n°4428 - Jabón, coupe de la route La Pastora-Jabón, Albien inférieur. x 100.
- Fig. 10 – *Hensonella dinarica* (RADOICIC, 1959).  
Ech. n°4369 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Barrémien sommital ou Aptien - inférieur. x 100.
- Fig. 11 – *Hensonella dinarica* (RADOICIC, 1959).  
Ech. n°4369 - Route Flor de Patria-Bocono, coupe d'Arbol Redondo, Barrémien sommital ou Aptien inférieur. x 100.



★100μ  
200μ

