

Nieves et Las Estacas. La coupe de Las Nieves, localisée en position géographique moyenne, illustre le mieux la succession séquentielle conduisant aux termes développés à rudistes. La coupe de Las Estacas, plus proximale, comporte des épandages deltaïques qui perturbent l'ordonnance verticale des faciès en les redoublant. A l'opposé, une coupe, très distale comme celle de Cuchia (Collignon, Pascal et al., 1979), montre une séquence plus contrastée avec des termes séquentiels nettement plus ouverts et profonds (marnes à ammonites) à la partie inférieure.

COUPE DE LAS NIEVES (fig. 38)

Les dépôts homogènes calcaires à rudistes (micrites à *Toucasia*, Pascal, 1974) sont les termes les mieux développés de la séquence biosédimentaire. Ils traduisent une permanence des caractères contrôlant les dépôts (taux de sédimentation, de subsidence, facteurs biotiques) qui ne peuvent être dus qu'à des conditions particulières de stabilité du tréfonds rapportées à l'échelle du Système. Le grand développement latéral des barres à *Toucasia* correspond à une grande plate-forme ininterrompue et suffisamment profonde ou plutôt suffisamment vaste pour que la plupart de ses milieux soient à l'abri d'une forte énergie de l'eau. Dans ces conditions, les environnements à rudistes marquent une sorte d'acmé des plates-formes.

Les premiers termes d'installation du régime carbonaté ont une épaisseur réduite et présentent une lithologie mixte depuis des grès et siltites à rares lamellibranches et orbitolines à des calcaires gréseux et silteux à madréporaires. Du bas vers le haut la séquence biotique est constituée de :

— *niveaux gréseux à palorbitolines et choffatelles* : organismes pionniers capables de supporter des conditions peu favorables à la vie benthique, pouvant former de véritables lumachelles d'orbitolines, et souvent associés à de nombreux encroûtements (cortex incomplets de micrite d'origine cyanobactérienne, girvanelles).

— *niveaux calcaires gréseux à madréporaires coloniaux (colonies décimétriques), palorbitolines et rudistes avec de plus en plus de miliolles*. Ils présentent le degré le plus fort d'hydrodynamisme : milieu de mode battu, probablement peu profond, en situation avancée (littorale ?) de la mer ingressive.

— *niveaux carbonatés francs à rudistes, orbitolines, nombreuses miliolles et Orbitolinidés coniques (Orbitolinopsis, Iraqia)* : environnement en mode calme, sous la limite d'action des vagues, probablement infralittoral (avec de plus en plus de Dasycladacées).

— *niveaux calcaires à Toucasia, Iraqia, miliolles et Dasycladacées*, développés en conditions salines « normales » (extension encore modérée de la rampe carbonatée, nombreux échanges avec la mer ouverte).

— *niveaux épais à Toucasia et miliolles seules*, stratifiés en bancs compacts, que les stylolites rendent noduleux. La présence de structures ocellées disséminées vers le sommet, de coquilles dissoutes précocement, la prolifération et la non diversification des organismes indiquent des conditions anormales d'environnement que les analyses géochimiques (Pascal, 1979) confirment dans le sens de la sous-salure. Le milieu à *Toucasia* peut être assimilé à une vasière qui, tout en restant en conditions de faible énergie, pouvait subir des exondations temporaires par comblement (conditions eurytopes des *Toucasia* pouvant supporter des variations de l'environnement).

COUPE DE LAS ESTACAS (fig. 39)

Equivalent latéral proximal de la coupe de Las Nieves (fig. 36), elle est nettement plus terrigène que celle-ci (épandages deltaïques) et comprend corrélativement une épaisseur réduite de calcaires à rudistes en 2 barres (T1 et T2) séparées par une arrivée terrigène. La succession

séquentielle est analogue à celle de Las Nieves mais les termes ont une puissance relative différente. Ici l'importance des détritiques (grès, lutites) est cause du grand développement des niveaux à choffatelles et palorbitolines. Les niveaux à madréporaires sont plus disséminés dans le temps : fond plus irrégulier se rapprochant de la zone d'action des vagues, pentes à slumping dues aux épandages deltaïques. Les calcaires à *Toucasia*, associés aux *Iraqia*, Miliolides et Dasycladacées, sont du type des premiers termes peu évolués des calcaires à rudistes de Las Nieves.

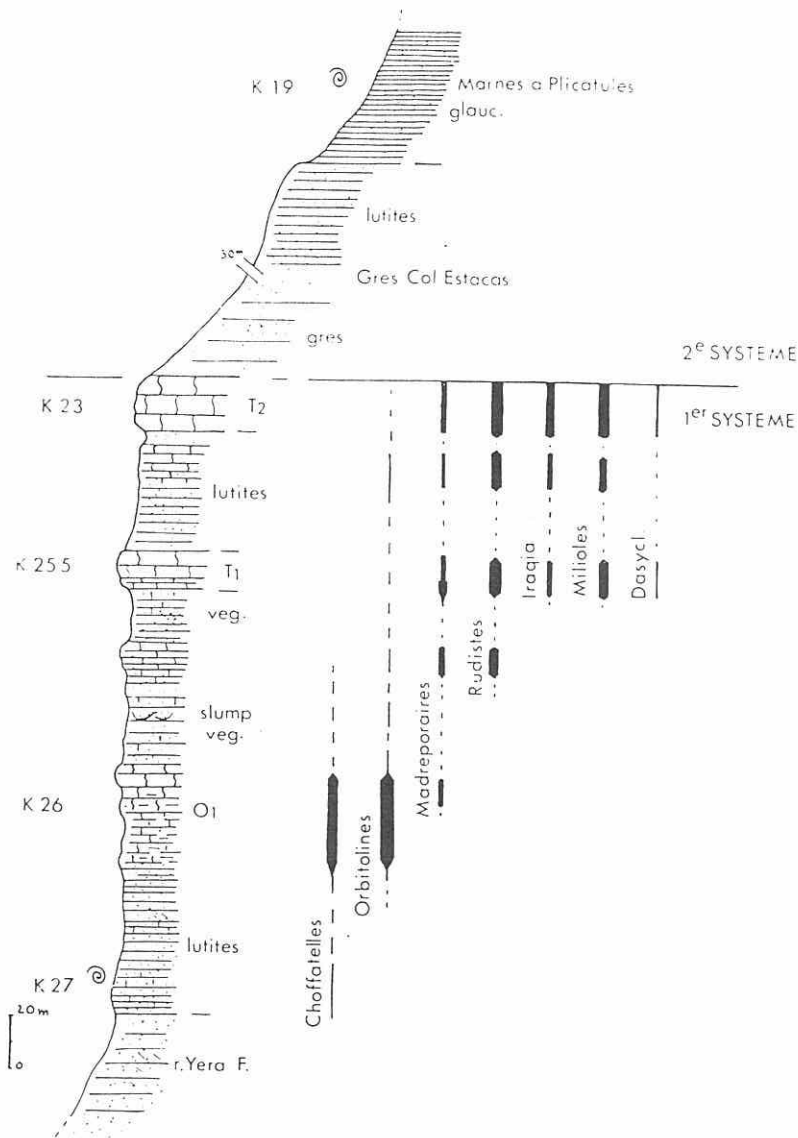


Fig. 39 — Coupe de Las Estacas (versant Nord puis versant Sud du col), 1er Système (km 27 au km 23) : ingression de la mer aptienne dans un contexte détritique deltaïque. Division de la mégaséquence habituelle en plusieurs séquences de fermeture conduisant notamment aux calcaires à *Toucasia* et *Iraqia* des barres T 1 et T 2. 2ème Système (col et km 19) : nouvel ennoyage détritico deltaïque et approfondissement conduisant aux marnes bleues circalittorales de bassin (à plicatules, hedbergelles et ammonites).

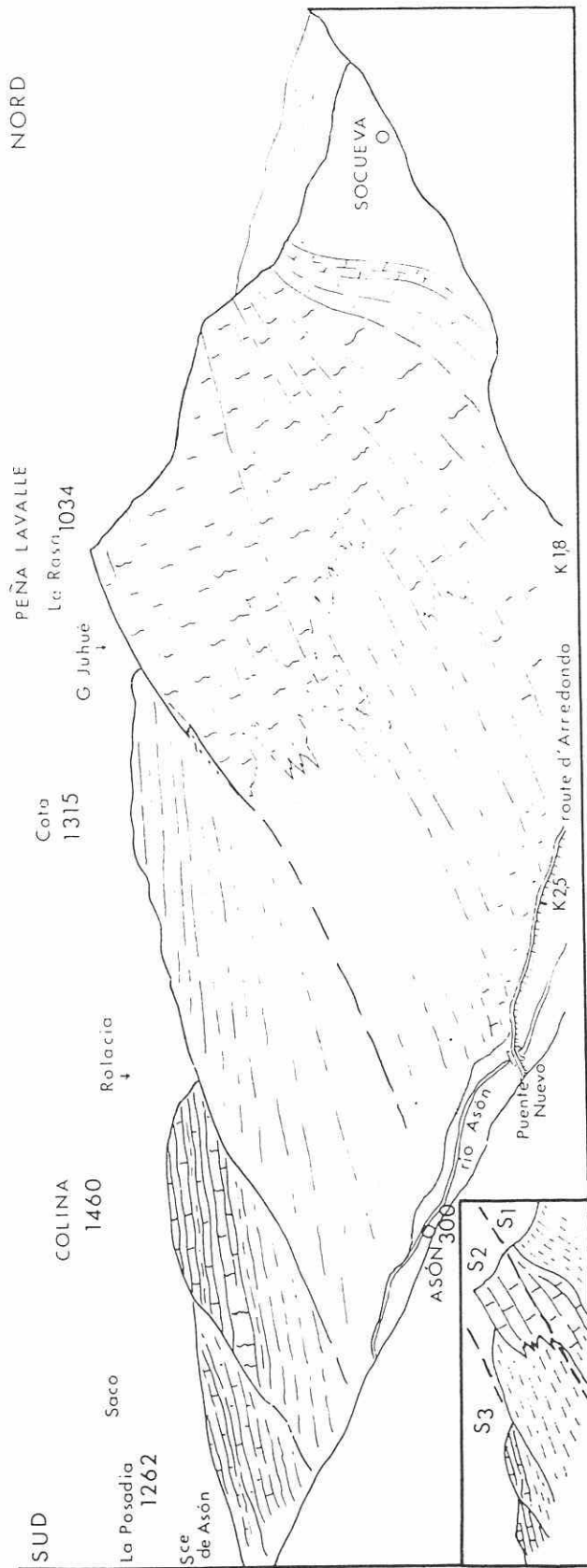


Fig. 40 — Vue panoramique sur le Val de Asón, entre Arredondo au Nord et le col de Asón (faisant communiquer avec la vallée de Soba - Gandára) au Sud. Passage latéral rapide dans le 2ème Système (S2) entre les calcaires à rudistes de la Peña Lavalle et les grès et marnes sombres du village d'Asón : exemple de plate-forme insulaire. Le 3ème Système (S3), bien stratifié, est composé de petites séquences du même type que celles de La Lunada : plate-forme marginale soumise à des épanagements fronto-deltaïques.

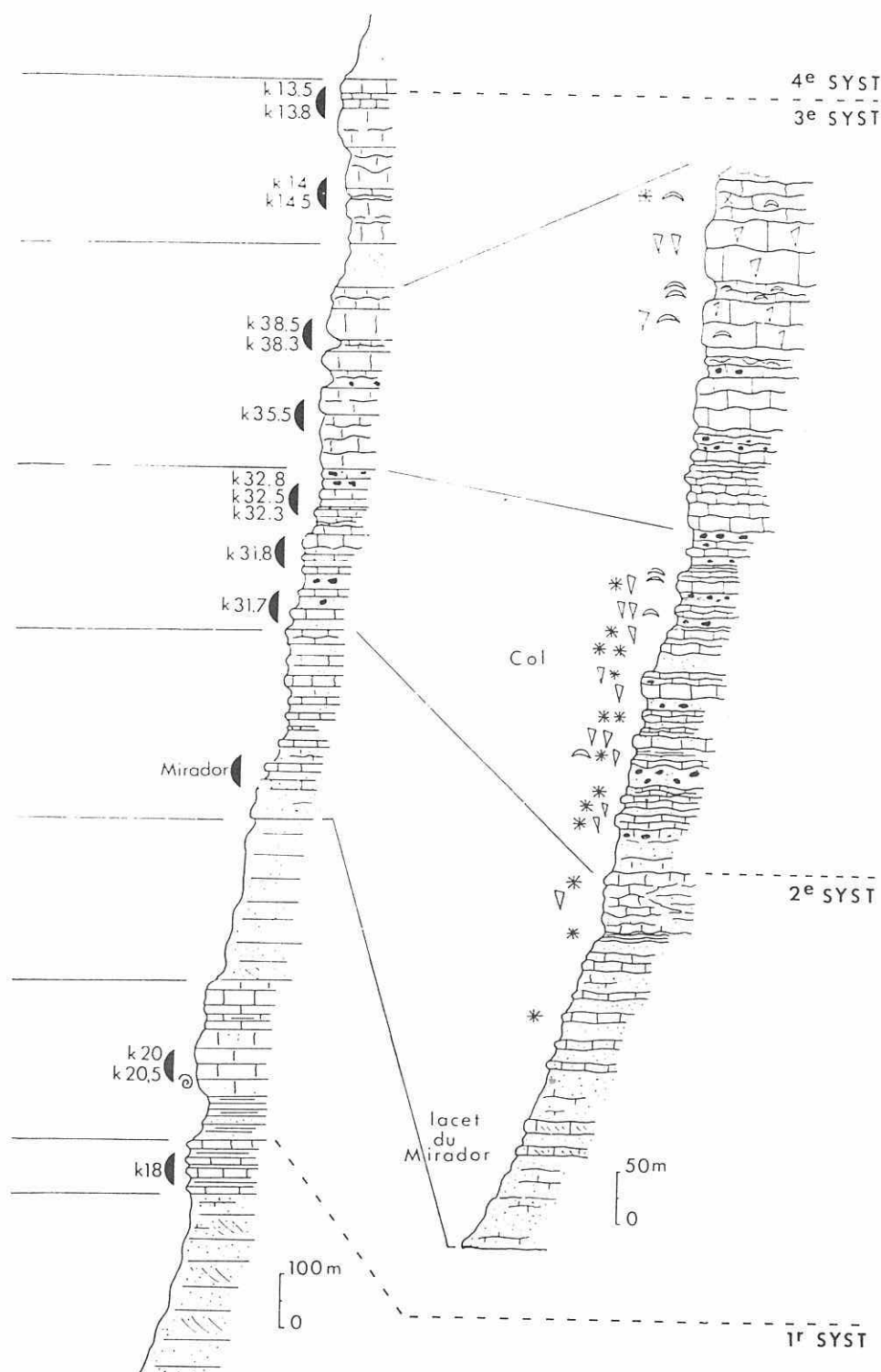


Fig. 41 — Coupe de La Lunada du Nord vers le Sud, à gauche entre San Roque de Río Miera (km 18) et Las Machorras (km 13,5), à droite détaillée depuis le mirador jusqu'au col (km 32), puis sur le versant sud (jusqu'au km 38,5). Le 2^e Système comprend les marnes bleues habituelles (300 - 350 m) mais surmontées par un exceptionnel et puissant prisme deltaïque (650 m). Le 3^e Système montre de nombreuses séquences plurimétriques à décimétriques traduisant des épandages deltaïques successifs sur une plate-forme carbonatée à rudistes: stade mature prolongé d'une plate-forme marginale en position proximale interrompu mais non détruit par les arrivées terrigènes.

Les plates-formes insulaires, développées sur des hauts-fonds (bancs) et encerclées par des milieux relativement plus profonds de bassins. Au cours du 3ème Système, elles sont nombreuses et bien limitées par des bordures lenticulaires à mud-mounds (fig. 35) : sierras de Aralar, Aitzgorri, région de Marquina. Elles se réduisent pendant le 4ème Système à quelques zones privilégiées jalonnant quelques hauts-fonds subsistants du 3ème Système : Albeniz, Olazagutia, Villareal, Echarri. De même pendant le 2ème Système (fig. 32) certaines régions à tendance positive (structure anticlinale de Las Caldas) ont permis la formation de ce type de plate-forme isolée des venues continentales. Ainsi peut être expliquée la masse calcaire de la Peña Lavalle (Vallée du río Asón, fig. 40) qui passe latéralement à des marnes sombres et des grès de bassin. Dans ce cas, les pentes relativement faibles (tectonique moins active que pendant le 3ème Système) permettent d'observer le passage graduel des détritiques carbonatés aux calcaires à rudistes par l'intermédiaire de calcaires de transition silteux et gréseux à madréporaires, orbitolines et de calcaires grenus (packstones, grainstones). Ces derniers faciès d'énergie élevée ont fait office de barrière pour les dépôts de faible énergie de la Peña.

PLATES—FORMES MARGINALES

Elles sont à épandages détritiques deltaïques intriqués dans les calcaires organogènes de plate-forme. La région la plus représentative est celle qui s'étend du SW vers le NE depuis le Pantano de Ebro (et la vallée du río Engaña) jusqu'aux cols de Las Alisas et Las Varas et comprenant la puissante série de La Lunada (fig. 41). Elle correspond à une vaste plate-forme (+ 30 km) accrochée proximale au continent par des dépôts siliciclastiques peu épais (Engaña) intercalés de quelques lèches marines, dépôts mis en correspondance (Garcia Mondejar, 1981, ce volume) avec les formations fluviales méridionales de Quintanilla de An. Distalement, les corps deltaïques présentent un maximum d'épaisseur à La Lunada (subsidence très forte), puis se réduisent et s'intriquent avec des formations calcaires de plus en plus importantes vers le N et le NE.

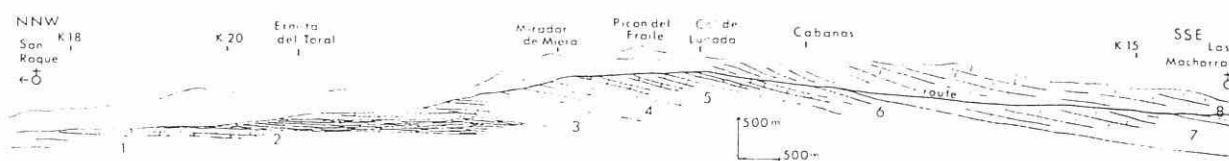


Fig. 42 — Coupe entre San Roque et Las Machorras, par le col de La Lunada, montrant le développement relatif des diverses formations. 1 : formation de Río Yera (500 m), 2 : calcaires de San Roque et de río Miera (100 m), 3 : Grès, marnes et calcaires bleus du Toral (300 - 350 m), 4 : grès du mirador de Miera (300 m), 5 : grès calcaires, grès et calcaires bioclastiques de Cavada (350 m), 6 : calcaires et grès du col de La Lunada (300 m), 7 : calcaires stratifiés de Picón del Fraile (400 m), 8 : calcaires massifs de Las Machorras (300 m). 1 et 2 correspondent au 1er Système urgonien, 3, 4 et 5 au 2ème ; 6 et 7 au 3ème ; 8 pour parties au 3ème et au 4ème.

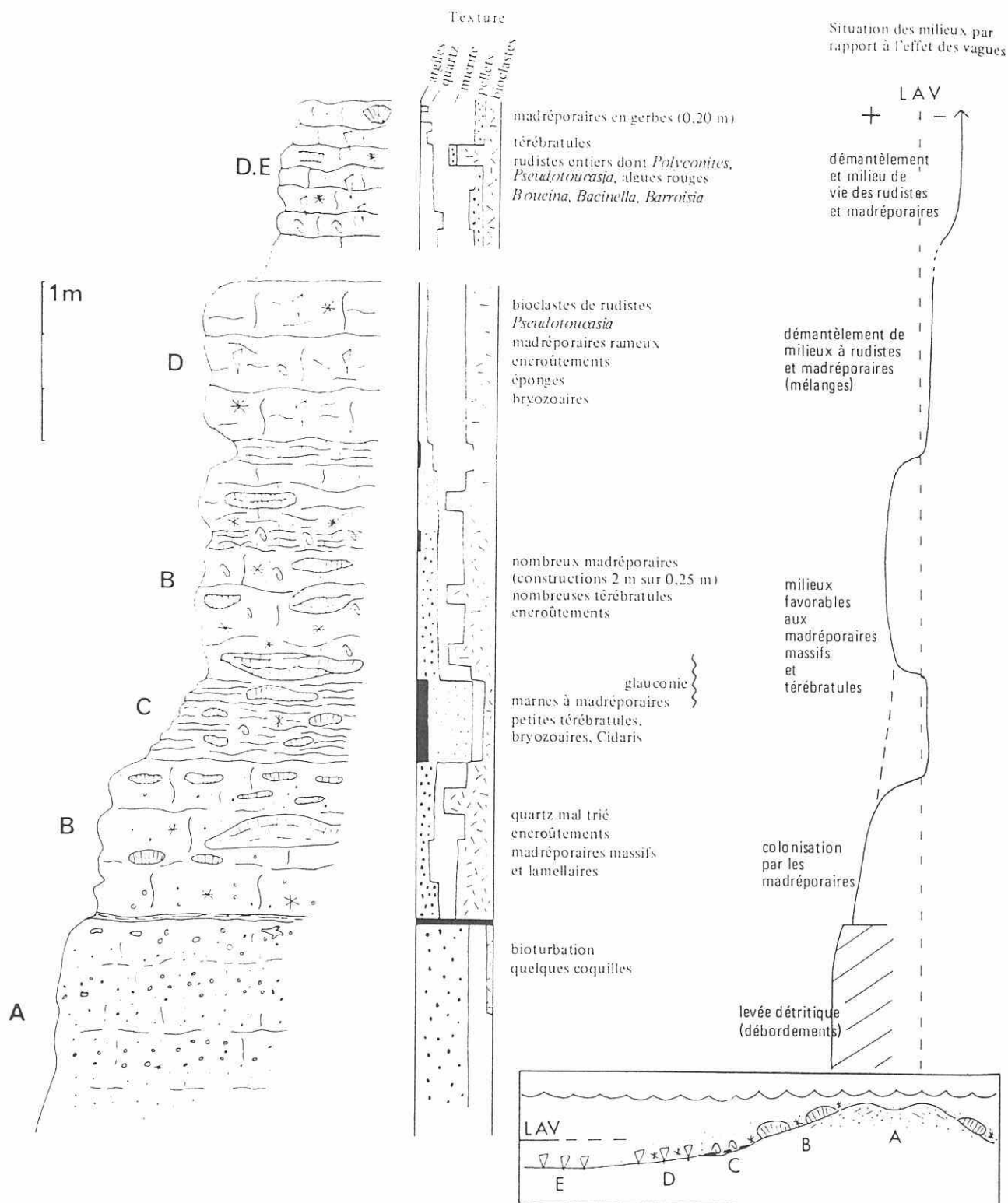


Fig. 43 — Série de LaLunada : coupe du km 31,7 (N du col), 3ème Système urgonien (Clansayésien - Albien inférieur). Séquence transgressive détritiques - carbonates, développée à partir d'une levée deltaïque distributaire.

A La Lunada, les calcaires du col appartenant au 3ème Système (fig. 41 et 42), qui présentent des tranches modérées de dépôts détritiques par rapport à celles du 2ème Système, permettent d'analyser les effets des décharges deltaïques dans le contexte carbonaté et la reconquête de ce dernier lorsque les terrigènes cassent. Les coupes des km 31,7 et km 31,8 (fig. 43 et 44) mettent ainsi en évidence sous l'aspect de séquences plurimétriques des dépôts alternativement siliciclastiques et calcaires à organismes.

— *Les détritiques (terme A) sont des grès moyens et grossiers à matrice légèrement carbonatée ou siliceuse à passées conglomératiques, restes végétaux et éventuellement des débris de lamellibranches et d'orbitolines ou des bioturbations (terriers thalassinoïdes). Ils forment des bancs métriques compacts à litage horizontal ou oblique. Le terme A est interprété comme un dépôt de levée de chenal distributaire en environnement de front deltaïque, levée en relief par rapport aux fonds environnants, probablement étalée en «patte d'oiseau». Les grès qui ont souvent une extension latérale limitée (hectométrique ?) sont assimilables à des épandages de type crevasse, adventifs aux distributaires principaux.*

— *Le terme B, à dominante calcaire et à quartz grossier mal trié est caractérisé par de nombreuses grosses colonies massives de madréporaires lamellaires et rameux (dont certaines ont un développement de 0,50 m à 2 m), accompagnés de térébratules, d'orbitolines à test quartzeux et de bioclastes abondants. Le contexte était favorable aux encroûtements (fond mal stabilisé ?) et aux résédimentations : présence de galets mous calcaires. Le milieu était certainement soumis à une forte agitation et à des influences marines prépondérantes et pouvait être situé un peu en contrebas des levées distributaires (soit immédiatement au-dessus dans la séquence transgressive).*

— *Le terme C (fig. 43) marno-silteux à madréporaires, térébratules, oursins et bryozoaires, glauconieux, paraît être une étape facultative dans la séquence et serait un faciès local de petite étendue : petite baie protégée de l'action des vagues avec dépôt des particules fines ? mais à proximité des environnements battus à madréporaires et des détritiques.*

— *Le terme D, très bien développé dans les séquences de La Lunada, représente l'environnement carbonaté gréseux à rudistes. Les rudistes sont de types divers : *Pseudotoucasia*, *Polycanites*, *Himeraelites*, *Horiopleura*, Radiolitidés, et sont associés à des madréporaires non massifs, des encroûtements (algues rouges, girvanelles, bacinelles parfois en oncolites, bryozoaires, éponges), des algues *Boueina*, *Cayeuxia*, des *Barroisia* et des térébratules. L'activité biologique intense se traduit par les habituelles micritisations et caries de coquilles, mais aussi par de nombreux pellets. L'environnement à rudistes de La Lunada est différent de celui de Las Nieves ou Estacas (fig. 38 et 39) probablement en raison du contexte détritique et du caractère non fermé du milieu. Il n'y a pas ici monospécificité des *Toucasia* (avec miliolles), mais au contraire diversification des types de rudistes et mélange avec d'autres groupes d'organismes. On constate toutefois dans les termes D - E une tendance très nette à la prolifération unique des *Toucasia* en fin de séquence en même temps que le taux de détritiques diminue. On aurait donc à faire à un environnement où la croissance des organismes et le démantèlement (peut-être biologique) sont intimement mêlés, du domaine infralittoral (algues vertes), certainement d'une certaine étendue (fond relativement plat) avec une gradation dans les organismes indiquant un passage progressif entre les milieux précédents (terme B surtout) et les milieux caractérisés à rudistes monospécifiques (terme D). Cet environnement devait ressembler aux baies ou lagunes interdistributaires actuelles à huîtres. Si le mouvement transgressif se poursuit (profondeur plus grande, extension des baies), les milieux vont se stabiliser et les *Toucasia* vont prendre la place principale qu'elles occupent normalement dans les zones plus distales de la plate-forme.*

A La Lunada, les séquences sont d'abord simples (A - B - C - D - E), puis se complexifient entre les formations du col et Las Machorras avec non seulement interventions d'épandages de distributaires interrompant localement le dispositif carbonaté mais également arrivées di-

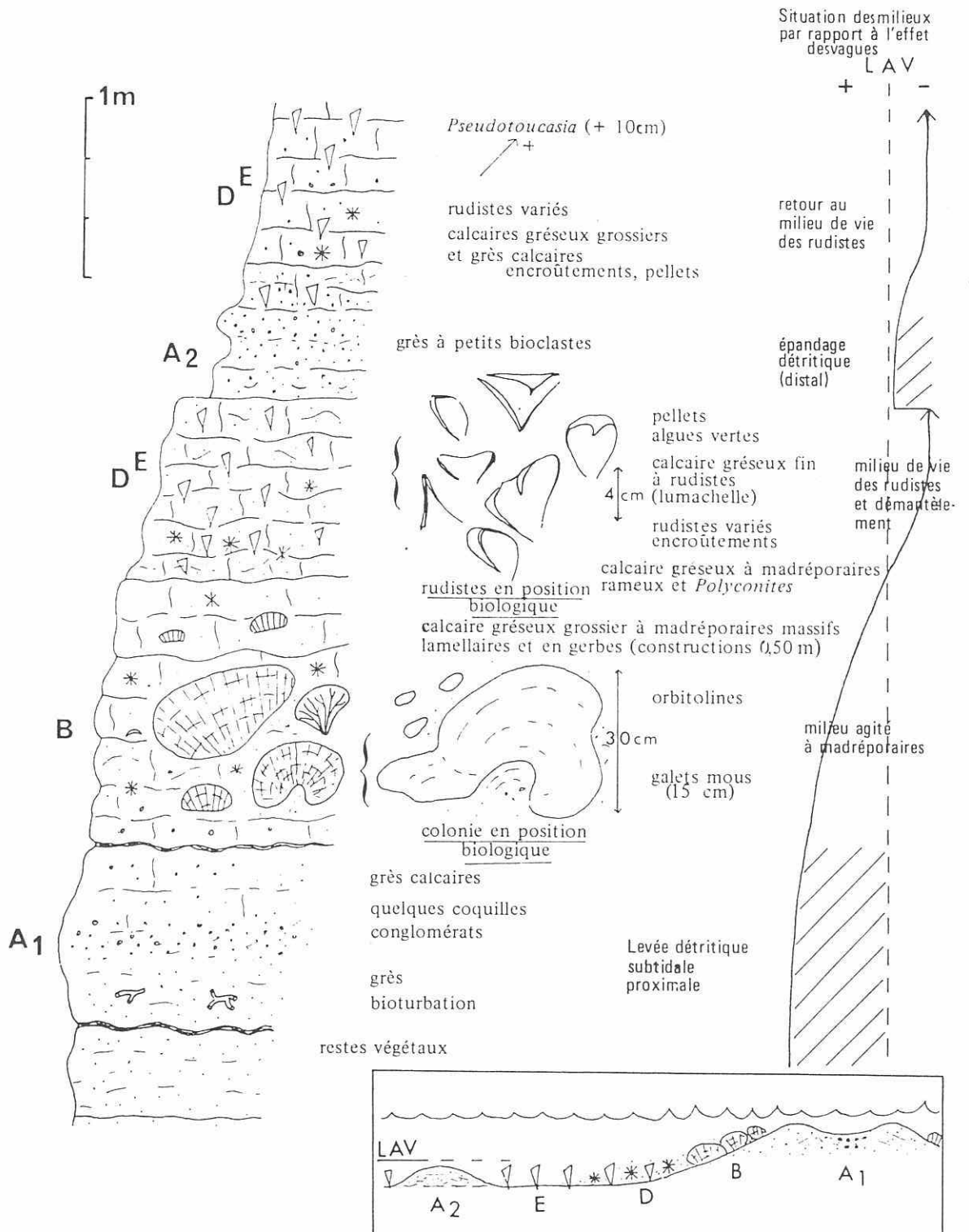


Fig. 44 — Série de La Lunada : coupe du km 31,8 (N du col), 3ème Système urgonien (Clansayésien Albién inférieur). Double séquence transgressive détritiques - carbonates en situation proximale et distale par rapport aux levées deltaïques distributaires.

luées de terrigènes (à l'origine des calcaires noduleux à orbitolines et rudistes), ou encore formation de larges chenaux non distributaires sillonnant la plate-forme à rudistes en correspondance avec le large (chenaux à fortes accumulations d'orbitolines dans l'axe et à algueraies de *Dasycladacées*, *nérinées* et *simplorbitolines* sur les bords). La même complexification se retrouve dans le sens proximal-distal entre La Lunada et Las Alisas sur une vingtaine de kilomètres, ce qui doit faire envisager une plate-forme marginale à pente très faible.

MASSES CALCAIRES LENTICULAIRES (MUD-MOUNDS)

Elles sont typiques du 3ème Système et jalonnent structuralement les failles actives au contact des plates-formes et des bassins (fig. 30). Leur épaisseur varie entre 1 m et plus de 50 m (La Gándara), mais leur importance vient surtout du fait qu'elles sont le plus souvent regroupées et empilées (fig. 46) et impriment aux paysages leur aspect lenticulaire multiplié (fig. 45). Elles se développent à la partie supérieure des pentes (fig. 35), en bordure aussi bien des plates-formes marginales comme à La Gándara, que des plates-formes insulaires (Irañeta, Dos hermanas dans la sierra de Aralar, Aranzazu dans l'Aitzgorri).

Ce sont des constructions à mélange de micrites (de densités différentes) et de bioclastes divers disséminés : madréporaires rameux et massifs toujours en petites colonies infradécimétriques, *Acanthochaetétidés*, rudistes *Pseudotoucasia* et *Radiolitidés*, oursins *Cidaridés*, algues rouges, orbitolines, crinoïdes, éponges calcaires et siliceuses. La matrice micritique tient la place essentielle et les squelettes n'ont manifestement pas eu de rôle direct dans la construction des masses. Par contre les intrications compliquées réticulées des zones micritiques de compacités différentes (texture bréchoïde), associées avec des structures stromatolitiques rubanées et en dômes millimétriques, rappelant les constructions cyanobactériennes de Maurin, Philip et Brunel (1981), donnent à ces monticules micritiques une valeur de construction facilitée ou élaborée fondamentalement par des organismes microbiens. La présence de figures (mais toujours petites, millimétriques à centimétriques) de type stromatactis, à remplissages internes, confirme l'analogie avec les mud-mounds du Paléozoïque (Lees, 1964) dans lesquels ont disparu des organismes à tissus non fossilisables mais qui ont pu être à l'origine d'une partie de la micrite (par précipitation ou agglutination dans le cas des cyanobactéries et par intégration dans les tissus dans l'hypothèse d'éponges).

Chaque monticule est constitué en fait de 2 parties (fig. 35) : un noyau très important qui est la construction proprement dite et une écorce (capping-beds) peu épaisse, constituée de calcaire grenu bioclastique et intraclastique à litage normal, avec une forte proportion d'organismes supportant les fortes énergies comme les *Acanthochaetetes*, stromatopores, *Radiolitidés*, hensonines, orbitolines, algues *Boueina*, associés ou non à des indices de très faibles profondeur (stromatolites, figures ocellées) jusqu'à du microkarst. Ces couches de recouvrement des mud-mounds peuvent passer latéralement (fig. 44) à des sortes de sillons frontaux comparables à ceux décrits à Tuléar (Weyderf, 1974).

L'environnement des mud-mounds nécessite une pente importante (voir les pendages synsédimentaires de La Gándara (fig. 44), les figures de décollement et de slumping), une ouverture sur une mer plus profonde (exemple : marnes noires de Soba) et une profondeur compatible avec l'intense activité biologique carbonatée, un certain calme hydrodynamique mais pouvant passer rapidement à une énergie élevée (capping-beds). Ces conditions sont réalisées en bordure distale de plate-forme, immédiatement sous la limite d'action des vagues (L.A.V.), au droit de milieux plus profonds et ouverts où devait exister une grande turbidité de l'eau (situation pro-deltaïque).

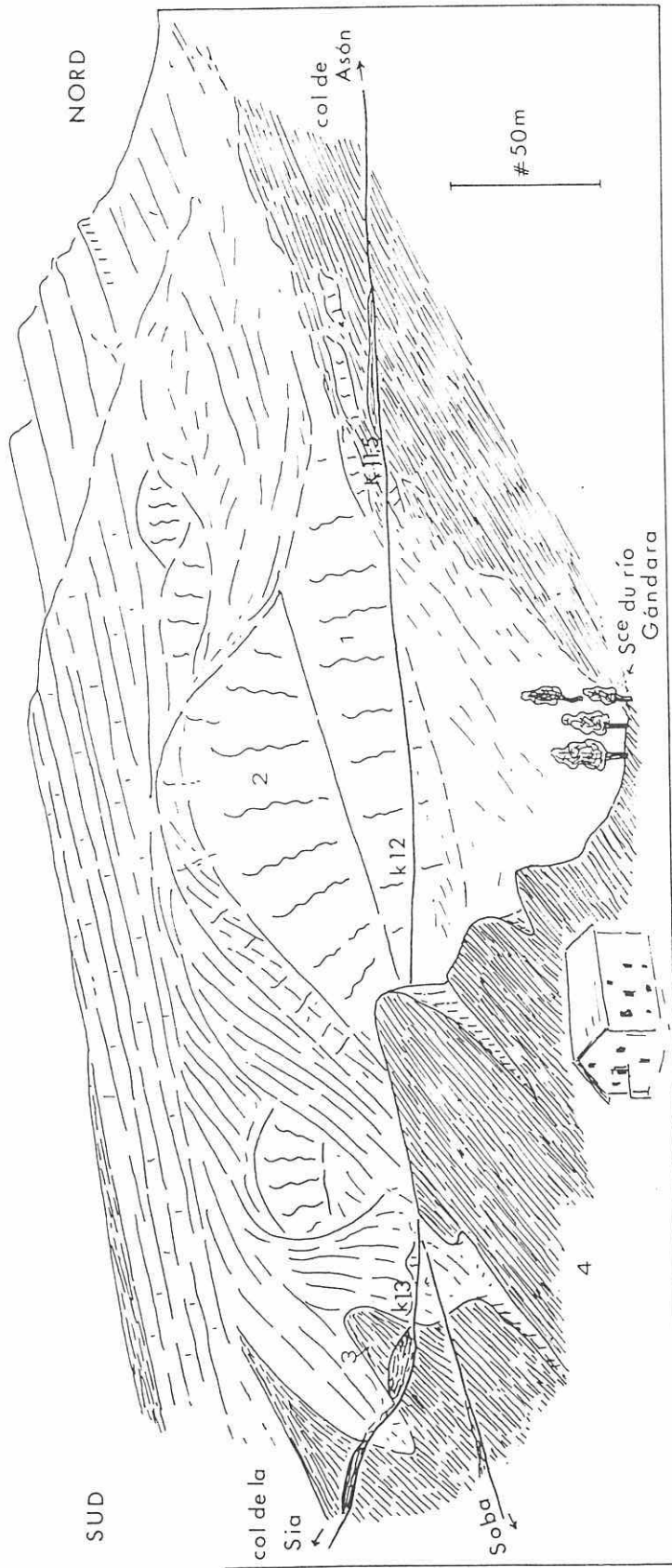


Fig. 45 — Vue panoramique sur les masses lenticulaires à mud-mounds de La Gándara (3ème Système albien inférieur à moyen). Au 1er plan affleurent les marnes noires de Soba (bassin circalittoral), au 2ème plan les monticules micritiques recoupés frontalement par l'érosion et au 3ème plan les couches bien stratifiées plus internes à alternances de calcaires à rudistes et madréporaires et de détritiques deltaïques du type des séquences de La Lunada. 1 et 2 : masses lenticulaires principales du km 12. On distingue les capping-beds de la lentille 2 et les fortes pentes synsédimentaires sur lesquelles s'édifient les mud-mounds. 3 : sillon frontal du km 13, à remplissage final de marnes noires, ayant mis en correspondance le bassin du 1er plan (4) et la plate-forme marginale derrière la bordure à mud-mounds.

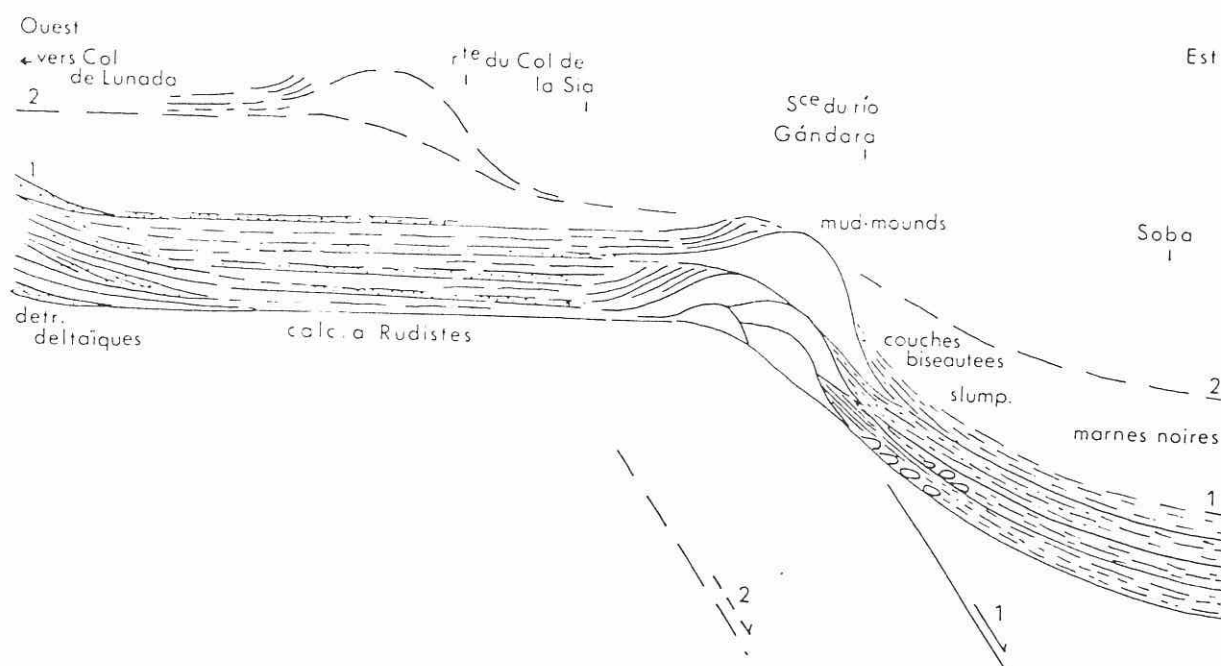


Fig. 46 — Disposition schématique des différentes masses lenticulaires empilées de La Gándara et de la région plus amont en direction de La Sia. Rapports entre les mud-mounds localisés sur la pente (les 2 positions 1 et 2 indiquent un léger gauchissement de la bordure active), les couches régulièrement stratifiées de la plate-forme marginale entre La Gándara et La Lunada et les marnes noires de Soba. La dénivelée entre la plate-forme et le fond du bassin était de l'ordre de 200 m.

BASSINS CIRCALITTORAUX A MARNES BLEUES OU NOIRES (fig.32 et 35)

Ils constituent les motifs sédimentaires les plus profonds du complexe urgonien basco-cantabrique qui ont retenu les particules les plus fines (argiles, silts, matière organique). On les trouve dans tous les Systèmes mais ils sont particulièrement développés dans le 2ème et 3ème. Dans le 2ème Système (Gargasien) s'observent de larges bassins à pentes atténuées avec de la glauconie et des silifications, qui correspondent à une transgression généralisée sur la plus grande partie de la région. On y retrouve des ammonites et des hedbergelles mais aussi une macrofaune benthique d'exogyres (*Aetostreon*), de plicatules et d'éponges siliceuses (Estacas, fig. 39). Au cours du 3ème Système (Clansayésien, Albien moyen), ces milieux renferment des faciès de marnes noires et sont restreints à des gouttières bien délimitées par les plates-formes à mud-mounds (fig. 35). La faune de type hémipélagique, comprend des éponges siliceuses, des foraminifères benthiques (*Tritaxia*) et pélagiques (hedbergelles, *Favusella*), quelques coccolithes. Les plicatules et les exogyres sont très rares, quelques algues rouges (*Archaeolithothamnium*) confirment le domaine circalittoral au moins pour la partie supérieure des bassins. Par rapport aux marnes bleues à lamellibranches, l'environnement sous-marin devait être le plus souvent défavorable au benthos (peu de bioturbation), laissant envisager de mauvaises conditions d'oxygénation au voisinage du fond, accompagnées de sursalures (Pascal, 1979) peut-être dues au piégeage d'un excès de fines particules organiques et à leur destruction par des bactéries consommatrices d'oxygène. De telles marnes noires peuvent être observées à Soba en avant des masses lenticulaires de La Gandara

(fig. 46) et dans tout le couloir entre Bilbao et Beasain où elles sont bien développées (+ 1000m) et continuent un dispositif ébauché pendant les Systèmes précédents. Des glissements de blocs décimétriques à plurimétriques provenant de la plate-forme parsèment le bord pentu des bassins (Soba, Trucios, Ir añeta), associés ou non à des coulées de matériel bioclastique resédimenté anarchiquement.

EQUIVALENT CONTINENTAL DE L'URGONIEN – EXEMPLE DE QUINTANILLA DE AN

par Joaquin GARCIA MONDEJAR – Université de BILBAO

d'après le livret-guide de l'excursion du Grupo español del Mesozoico, septembre 1981) - traduction André PASCAL

Le contrôle stratigraphique des unités urgoniennes a conduit à considérer qu'une partie importante des sédiments continentaux du secteur de l'Ebre est équivalente aux grandes masses carbonatées du Nord. Les dépôts de Quintanilla (S de l'Ebre, à 3 km de Polientes) peuvent correspondre aux unités U₁ et U₃, et peut-être aussi une partie de U₂. La série levée est décrite sur la fig 47, avec les Grès de Cilleruelo de Bezana à la partie inférieure et les conglomérats de Quintanilla de An au sommet.

LES GRÈS DE CILLERUELO

Ils montrent une alternance de grès et lutites (approximativement de 50 %). Les lutites, rouges et vertes, ne présentent aucun caractère interne qui permettrait de les attribuer à des milieux spécifiques de sédimentation. Les grès, de grain fin à grossier, montrent, au contraire, une grande richesse en structures sédimentaires primaires, parmi lesquelles se détache la stratification entrecroisée ; celle-ci provient de la migration de formes du lit ou bien de l'accrétion latérale de «point-bars». En conséquence, la description qui suit est basée sur les morphologies de crêtes des grès, dessinées dans les schémas (fig.48).

Niveau (tramo) 1 — caractérisé par une lamination parallèle et croisée de petit angle, des déformations hydroplastiques, des remplissages de chenal et des grès passant à des lutites.

Niveau 3 — consiste en un paléochenal d'une cinquantaine de mètres de largeur, avec un remplissage rapporté à la dynamique de chenaux plus petits. Il présente des restes de plantes et des terriers à son toit.

Niveau 5 — présente de fréquentes entailles de chenaux et une extraordinaire accrétion latérale à la base. Il renferme également des restes végétaux, des lutites tapissant les chenaux abandonnés, des déformations hydroplastiques et des laminations entrecroisées de sillon provoquées par la migration de *rides* au toit.

Niveau 7 — bien caractérisé par des stratifications entrecroisées planes de migration de barres à la base, et par des remplissages de sillons au-dessus. Son toit montre des interdigitations grésolutitiques, ce qui démontre que le faciès de chenal s'est déplacé latéralement dans le temps, laissant un corps diachronique. Les langues de grès du schéma représentent des dépôts d'inondation (*overbank*).

Niveau 9 — Se biseaute au bord de la route et montre d'extraordinaires paléochenaux, parfois à remplissage hétérogène. Le paléochenal supérieur de la gauche montre une nette prolongation des faciès jusqu'à la droite, interprétable de dépôts d'inondation (*overbank*) se perdant entre les lutites.