

Réflexions sur la classification des calcaires (*),

par BERNARD MAMET.

Peu de progrès ont été réalisés dans le domaine de la classification des calcaires depuis la publication en 1935 du magistral ouvrage de L. CAYEUX sur les roches carbonatées de la France. Que ce soit en Angleterre, en Suisse ou en Russie, on peut suivre depuis vingt ans un raffinement de plus en plus poussé dans l'observation pétrographique qualitative, raffinement que l'on ne retrouve pas dans le domaine quantitatif. Combien de calcaires crinoïdiques recélant quelques rares Trilobites ne deviennent-ils pas « calcaires à Trilobites » ? Combien de calcaires où les Algues ne représentent pas 1 % de la masse ne sont-ils pas décrits comme calcaires algaires ?

L'importance des calcaires en tant que réservoir pétrolier a toutefois incité, ces deux dernières années, plusieurs chercheurs américains à présenter des synthèses qui suppléent à l'insuffisance du caractère qualitatif des théories classiques. Les réflexions qui suivent s'écartent sensiblement de ces nouvelles synthèses, mais n'ont d'autre mérite que d'introduire quelques éléments négligés, voire méconnus, dans une classification raisonnée.

I. — ASPECT CHIMIQUE.

Chimiquement, on dénomme calcaire, toute roche carbonatée indurée contenant plus de 75 à 80 % de carbonate de calcium. En effet des changements importants de propriétés physiques (porosité, perméabilité) et écologiques (nette régression des Fusulinidés dans le Dinantien, par exemple) s'observent si les insolubles excèdent 20 à 25 %. On différenciera ainsi des calcaires purs (plus de 95 % de CO_3Ca), des calcaires argileux (95 à 85 % de CO_3Ca) et des calcaires marneux (85 à 75 % de CO_3Ca). Les discussions qui suivent ne sont valables que dans ces limites chimiques assez étroites.

(*) Texte remis le 28 mars 1961.

II. — ASPECT PÉTROGRAPHIQUE ET ÉCOLOGIQUE.

A. — RAPPEL DE QUELQUES HYPOTHÈSES RÉCENTES.

POWERS a étudié en 1958 la lithologie des calcaires jurassiques de la Plate-Forme arabe. La cimentation de ces calcaires est assez faible, d'où leur grande porosité et leur qualité de réservoir pétrolier. La calcite en grands cristaux y est toujours secondaire, ce qui a induit POWERS à n'envisager que deux variables dans sa classification : la boue microcristalline et les débris calcaires.

On peut rapprocher de ces vues la position de BATHURST (1959). Pour celui-ci, les calcites en grands cristaux proviennent de la consolidation tardive d'un assemblage à l'équilibre de débris, par percolation de solutions calcaires; ces sédiments sont donc à cimentation secondaire. BATHURST envisage également les calcaires de recristallisation, mais il rejette une formation hâtive de calcite en grands cristaux.

FOLK (1959) à la suite de MOORE (1954) considère pour sa part trois variables : le ciment microcristallin (« micrite » de 2 à 5 microns), la calcite en grands cristaux (« sparite » de 20 à 500 microns et plus) et les débris calcaires (« allochems »). FOLK postule que la calcite cristalline se forme dans des milieux agités où les cristaux microscopiques de micrite ont été emportés par les courants. Une matrice de sparite postule donc une énergie de sédimentation assez grande, alors que les boues microcristallines seraient uniquement le fait de milieux calmes. De là une théorie dynamique des dépôts calcaires.

Or, l'examen de près de mille lames minces provenant du Dinantien belgo-français nous a permis d'observer clairement trois types de cimentation par calcite en grands cristaux :

1° Consolidation pénécontemporaine d'un assemblage de débris calcaires;

2° Percolation de solutions postérieures au dépôt;

3° Recristallisation d'une matrice originellement microcristalline.

Ces hypothèses de travail qui diffèrent sensiblement des opinions émises jusqu'à ce jour nous ont conduit à une classification nouvelle des calcaires.

B. — CAS DU « MARBRE NOIR DE DINANT ».

L'étude du « Marbre noir de Dinant » (Viséen inférieur) a été particulièrement instructive au point de vue sédimentologique. Ce faciès est caractérisé par une succession extrêmement rapide de fines plaquettes de calcaire « fin » et de calcaire « grossier ». Le premier microfaciès est une « micrite » de 2 à 10 μ , noire (contenant en moyenne 0,2 % de carbone, mais déposée en milieu extrêmement réducteur), très pure (souvent moins de 1 % d'argile). Le second microfaciès est une « sparite » à grands cristaux (10 à 500 μ), à teneur en carbone et en insolubles sensiblement équivalentes à celles du calcaire fin. Tous les intermédiaires existent entre ces deux types extrêmes de calcaires purs que l'on peut ainsi facilement classer dans une échelle virtuelle locale (LOMBARD, 1956).

a) **Cimentation pénécontemporaine.**

Par cimentation pénécontemporaine nous imaginons tous les phénomènes ayant lieu immédiatement après le dépôt et précédant la lapidification. Temporairement, le passage du carbonate de calcium de sa forme monoclinique à sa forme stable sans variation de taille des cristaux n'est pas considérée ici. Dans l'état de nos connaissances il serait oiseux de distinguer entre les boues d'aragonite et les boues de micrite dans les sédiments anciens. Nous ne connaissons en fait aucun critère univoque de distinction entre elles.

Dans le cas du « Marbre noir », un diagramme triangulaire à trois variables — sparite-micrite-débris calcaires (fig. 1) — permet immédiatement de conclure à l'existence de tous les intermédiaires en pourcentage entre les micrites pures et les sparites pures. Il y a continuité entre les deux types de matrice; cette continuité ne permet pas de rejeter une hypothèse de sparite secondaire, mais elle indique que les domaines sparite et micrite ne sont pas incompatibles l'un avec l'autre.

Si dans ce même diagramme on inscrit la fréquence des foraminifères (moyenne de 10 observations par oculaire), les résultats (fig. 2) montrent que l'abondance des foraminifères, dont la taille varie entre 100 et 500 microns, est nettement influencée par les trois variables; elle croît avec la teneur en débris et en sparite.

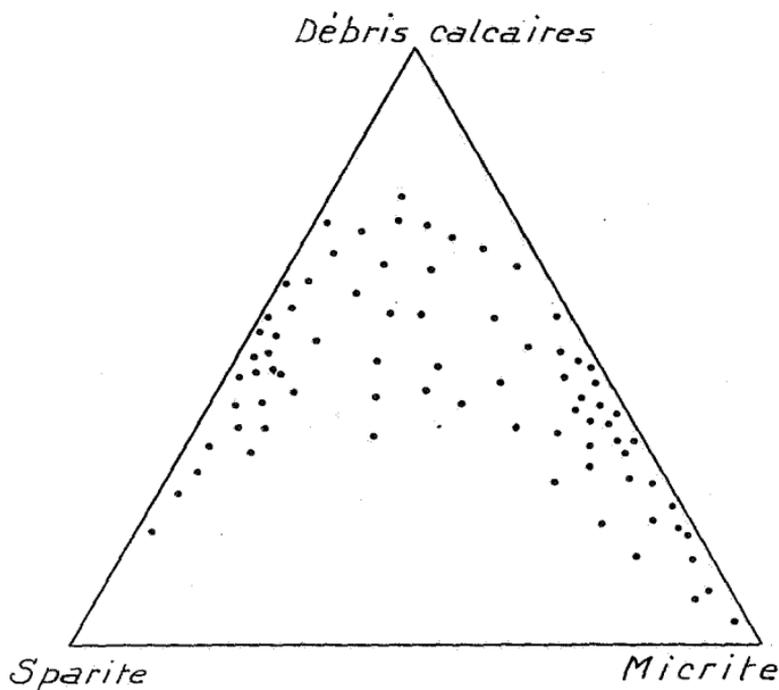


FIG. 1. — **Pétrographie schématique des lames minces provenant du faciès « Marbre noir de Dinant » (V1a).**

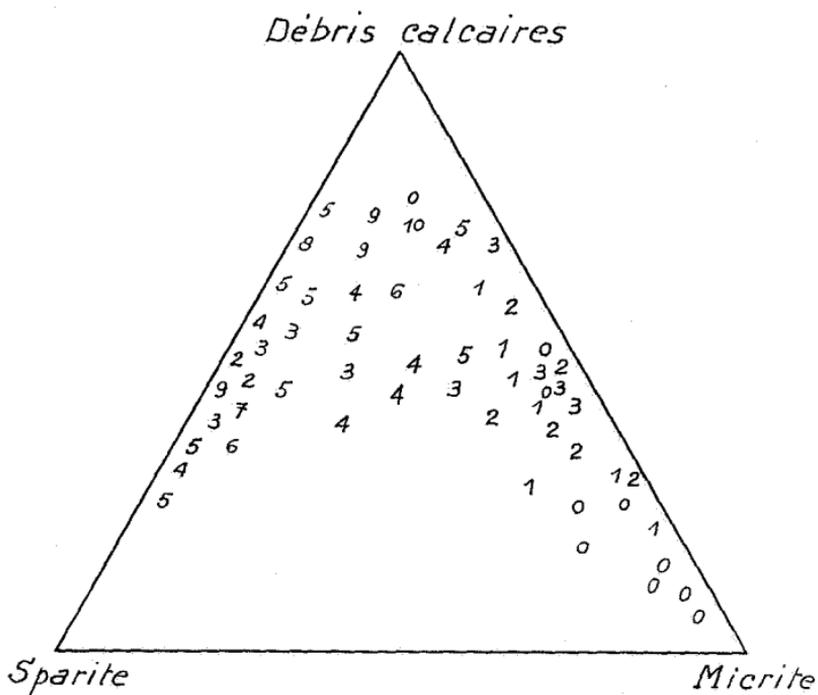


FIG. 2. — **Répartition des foraminifères du faciès « Marbre noir de Dinant » (schématique).**

Or, si la sparite était secondaire, on ne voit guère pourquoi un phénomène secondaire affecterait uniquement les couches à foraminifères. A moins qu'il n'y ait eu classement mécanique et on revient à l'hypothèse de FOLK; ainsi, dans les calcaires

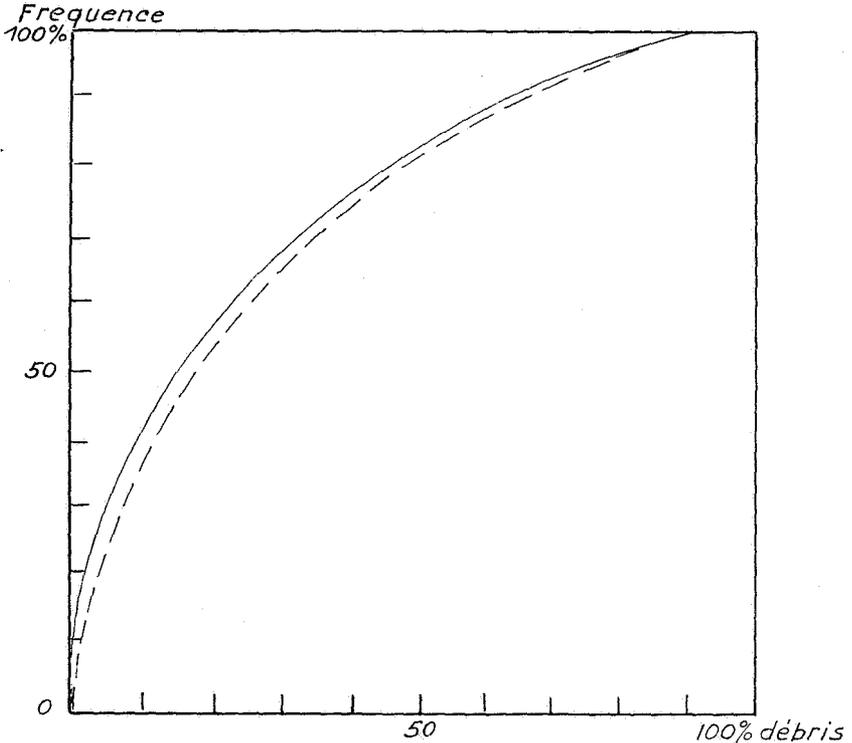


FIG. 3. — Courbe cumulative des débris remaniés non biologiques du « Marbre noir de Dinant ».

———— Sparite.

- - - - - Micrite.

jurassiques d'Arabie nous constatons une concentration des microfossiles d'après leur taille dans les passées détritiques grossières alors que les boues microcristallines sont à peu près dépourvues de microfaune. De même dans les Bahamas (CLOUD, 1958) les fonds indurés sont favorables au développement du bios alors que les boues microcristallines sont à peu près dépourvues de coquilles. Ce sont là des phénomènes mécaniques qui s'éclairent dans le cas d'une hypothèse dynamique.

Cette théorie n'est cependant pas confirmée dans le Viséen. Si, dans un diagramme de fréquence (fig. 3) nous portons le pourcentage de débris non biologiques (c'est-à-dire oolites, fausses oolites, brèches), nous obtenons une courbe cumulatrice identique pour les sparites pures et pour les micrites pures; l'agitation des eaux n'a pas été un facteur prépondérant dans la différenciation des types de cristaux.

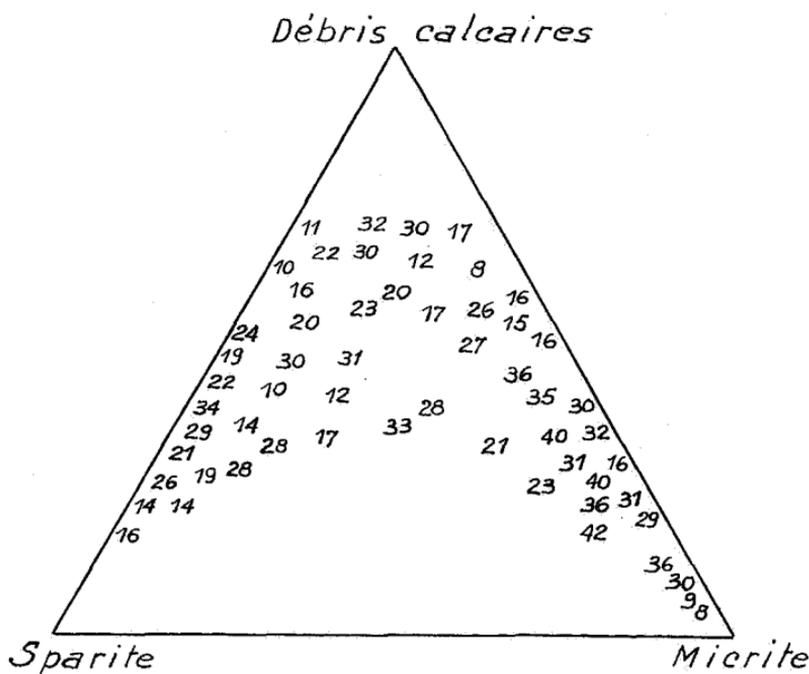


FIG. 4. — Répartition des Calcisphères du faciès « Marbre noir de Dinant » (schématisé).
(Nombre de Calcisphères par oculaire.)

Cette dernière observation est d'ailleurs confirmée par la répartition des Calcisphères. Celles-ci sont distribuées uniformément (fig. 4) quel que soit le faciès. La très petite taille de ces organismes (10 à 200 μ) les font en effet flotter et répartir uniformément dans les sédiments.

Les faits que nous avons exposés sont en désaccord avec les théories proposées à ce jour. Dans le cas du « Marbre noir de Dinant », les courants ont une influence insignifiante sur la répartition du sédiment et n'expliquent pas les variations de taille de la calcite. De plus, ces considérations suggèrent que

la formation de calcite en grands cristaux peut être relativement hâtive, voire pénécotemporaine à la sédimentation. D'autres observations vont confirmer cette façon de voir.

1° Si la sparite qui occupe actuellement la place de vides laissés entre les débris calcaires était secondaire, le contact entre les fines straticules sparite-micrite devrait être très irrégulier;

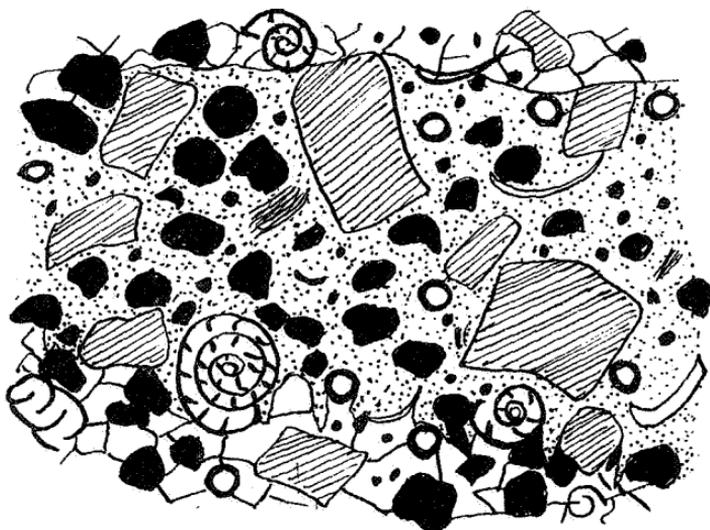


FIG. 5. — Infiltration *per descensum* de calcite microcristalline à travers un assemblage de débris calcaires non cimentés.

les micrites devraient donc s'infiltrer *per descensum* entre les débris non encore consolidés (fig. 5). Or, dans le cas de fines straticulations du *V1a*, sans séparation argileuse, le contact sparite-micrite est souvent très net, prouvant que la sparite sous-jacente était bel et bien cimentée quand la micrite est venue se déposer sur elle.

2° Il s'est trouvé plusieurs exemples où une trame de sparite ne cimente guère plus de 40 et même 30 % de débris calcaires; pareil assemblage ne peut se maintenir en équilibre sans une cimentation hâtive.

3° Certains foraminifères paléozoïques (*Haplophragmella*) agglutinent des débris calcaires variés; ce sont parfois des sparites.

4° Les oolites ont des nuclei divers, notamment des sparites. Or, le centre d'une oolite n'a jamais été un « vide » rempli postérieurement par solution. L'auteur a observé le cas d'oolites possédant un noyau de micrite très fine, entourées d'un premier anneau net de calcite hyaline, puis d'un anneau de micrite et finalement d'un dernier cortex de sparite.

5° Il faut rapprocher de cette dernière observation l'existence dans l'oolite de Godin, près d'Avesne (*Vla*), de « galets » remaniés d'oolites cimentées par de la calcite claire flottant dans une masse d'oolites également cimentées par de la sparite.

En résumé, il existe des preuves de formation hâtive de sparite pénécontemporaine au dépôt des débris calcaires. On peut dès lors s'attendre à une relation étroite entre la lithologie et l'écologie, alors que le facteur dynamique ne joue qu'un rôle fort secondaire.

Il n'y a dès lors pas d'incompatibilité entre la micrite et la sparite qui représentent des milieux physico-chimiques différents. La sparite se forme si la nucléation est faible et la vitesse de croissance des cristaux grande. La micrite apparaît dans des conditions opposées.

Les débris calcaires non organogènes (« intraclasts » de FOLK) sont généralement en micrite. Il s'est bien trouvé des « intraclasts » de sparite, mais ils sont comparativement rares. Ceci s'explique si les sparites sont mécaniquement plus résistantes que les boues de micrite : cette induration rapide éclaire l'existence de biohermes composés en majeure partie de calcite microcristalline (Waulsortien belge, Knolls anglais et irlandais, Biohermes du Montana et du Nouveau-Mexique [PRAY, 1959]). Dans l'hypothèse des causes actuelles une telle accumulation de boue « fluide » n'aurait jamais pu se maintenir en équilibre; il y a cependant de bonnes raisons de penser que la calcite primaire qui enrobe les tissus des Bryozoaires ait formé très tôt un réseau, une trame extrêmement résistante. Cette cimentation rapide et la modicité, voire l'inexistence, de l'action des vagues explique l'accumulation de plusieurs dizaines, voire centaines de mètres de boue « fluide » et la réduction des flancs d'avant-et arrière-récif observée en Belgique.

b) Cimentation secondaire.

Dans le cas d'une sparite secondaire, la percolation de fluides à travers un assemblage en équilibre de débris permet leur

cimentation; il s'agit d'un phénomène tardif, il n'y a pas de relation entre l'écologie et le type de ciment; les contacts entre cristaux de micrite-sparite seront bien tranchés et les variations de taille brusques; on observe des croissances géopétales à partir d'un plancher, des cristaux en couronne autour d'oolites, etc., tous phénomènes parfaitement illustrés par BATHURST (on les observe en particulier dans l'oolite du *V2a* près d'Andenne).

Ne nous méprenons pas sur la valeur de l'argument pétrographique. Il est certain qu'une sparite, même pénécotemporaine, ne peut que cimenter postérieurement les débris calcaires. Le critère de postériorité n'est pas en lui-même une preuve de caractère secondaire; songeons au granite où le quartz est pétrographiquement postérieur aux autres minéraux; cela n'est pas une preuve d'introduction tardive de solutions quartzeuses.

Pour un ciment secondaire, il est souvent superflu d'employer une représentation triangulaire des paramètres. En effet, la sparite représente dans ce cas un vide originel et on est ramené à un système binaire (micrite-débris calcaires).

L'introduction d'un troisième paramètre montrerait une discontinuité de l'écologie à partir de 10-15 % de sparite et séparerait deux domaines qui s'expliquent alors par l'hypothèse dynamique de FOLK. Ces deux domaines s'opposent au continuum d'écologie observé dans les sparites primaires.

c) Sparite de recristallisation.

Le troisième cas à envisager est celui d'une recristallisation avec variation concomitante de taille d'une micrite. Les eaux connées ou phréatiques saturées en carbonate de calcium ne peuvent que reprécipiter tous les ions calciques qu'elles auront momentanément dissouts et le résultat sera un réarrangement moléculaire. Il n'y aura pas de variation de volume (NEWELL, 1953). Cette transformation s'accompagne d'une modification de la structure des débris calcaires; l'ordre de celle-ci est identique pour toutes les lames observées. D'abord les Algues et la muraille des Fusulinidés et pré-Fusulinidés, les Brachiopodes et Pélécy-podes et enfin les Crinoïdes et les Échinides. La recristallisation de ces derniers est le terme ultime de l'évolution où il ne reste plus qu'une masse indéfinissable de sparite irrégulière noyant encore quelques fantômes d'oolites ou d'« intraclasts ».

III. — LE CARACTÈRE D'ALLOCHTONIE.

Attardons-nous un instant à un facteur souvent négligé des classifications sédimentaires; le caractère d'allochtonie ou d'autochtonie (PETTIJOHN, 1957). Précisons avant toute chose qu'il s'agit de l'aspect sédimentaire du problème et non de son aspect tectonique.

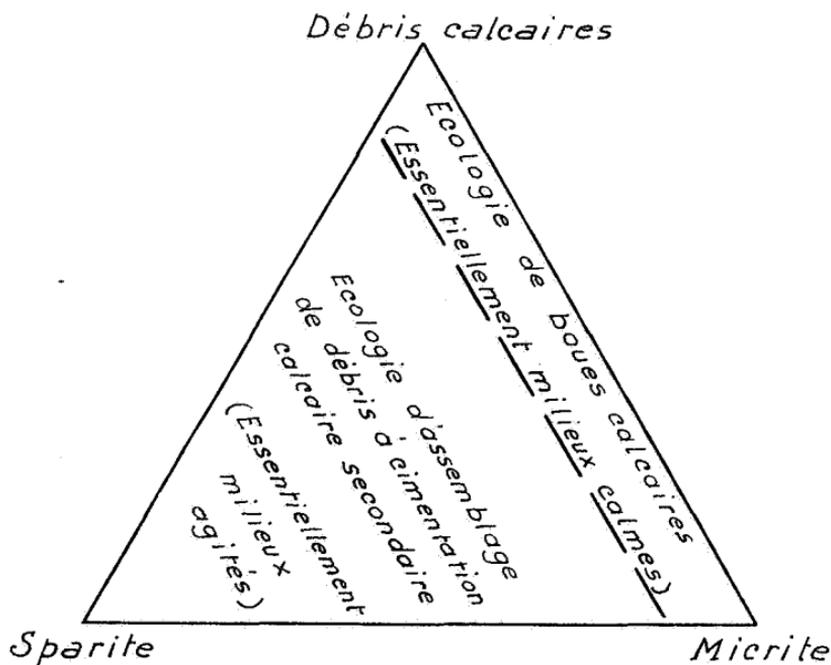


FIG. 6. — Écologie théorique des calcaires à cimentation secondaire.

Nous avons discuté amplement de l'influence du ciment et des débris calcaires sur la distribution des foraminifères; or, une sparite d'un bioherme sera toujours beaucoup moins riche en foraminifères qu'une biosparite pétrographiquement identique, provenant de la plate-forme adjacente au récif. Les modifications écologiques latérales pour une même pétrographie d'un platier du type Bachant-Ferrières (Nord) s'avèrent profondes; là, les éléments allochtones seront systématiquement plus riches en calcisphères que des éléments semblables, mais autochtones. Nous devons donc introduire ce caractère dans notre classification bien qu'il n'y ait aucun caractère pétro-

graphique qui le définisse nettement. Sur le terrain, des éléments autochtones sont généralement indiqués par des ensembles confus, sans stratification nette mais à stylolithes, sans joints vrais mais à diastèmes locaux, sans graded-bedding mais à polypiers et bryozoaires en position de vie, sans laminites, mais à structures colloformes ou en « Fumée de pipe » (DERVILLE, 1936).

Ces caractéristiques se confirment par la présence de coquilles non roulées, d'ostracodes avec valves en contact, de buissonnements algaires ou d'épines de *Productidae* non brisées.

Les caractères d'autochtonie ou d'allochtonie ne doivent pas être confondus avec ceux de biocénose et de thanathocénose. Un sédiment autochtone sera dans la plupart des cas une biocénose, mais un sédiment allochtone ne postule nullement une thanathocénose.

IV. — PROPOSITION D'UNE CLASSIFICATION NOUVELLE.

Compte tenu des différents éléments que nous venons de passer en revue, une classification des calcaires peut s'élaborer comme çï-après.

A. — La classe est déterminée d'après le type de cimentation des débris calcaires. On distingue ainsi :

- α) Calcaire à cimentation de sparite pénécontemporaine;
- β) Calcaire à cimentation de sparite secondaire;
- γ) Calcaire recristallisé, de diagenèse;
- δ) Calcaire dolomitisé, dolomie.

Les classes γ et δ sont à peine esquissées; on pourrait, comme pour le carbonate de calcium entreprendre une classification en dolomies pénécontemporaines, dolomies secondaires et dolomies de recristallisation. Tel n'est cependant pas notre propos qui est plus d'établir un mode de classification qu'un tableau embrassant tous les types de carbonates.

Théoriquement les calcaires à cimentation incomplète de sparite seront groupés dans la classe β. Nous n'avons pas observé de calcaires de ce type et leur cas est resté en suspens.

B. — Les classes α et β sont à leur tour divisées en trois ordres, d'après leur teneur en débris calcaires :

- Celui de moins de 10 % de débris représenté par des boues ultra-fines du type « Marbre noir » et « Calcilutites » (α m). Les débris calcaires y jouent un rôle fort restreint, voire négligeable. L'absence de cet ordre parmi les sparites primaires est un fait d'observation courante; toute sparite contenant moins de 10 % de débris est toujours secondaire (β) ou de diagenèse (γ).
- Celui contenant plus de 66 % de débris et où le type de calcite intersticielle n'a plus qu'une influence limitée sur l'écologie par rapport à la masse des débris (π).
- Celui des calcaires contenant de 10 à 66 % de débris, ordre qui représente l'immense majorité des roches dinantiennes (α ou β + la famille).

C. — La famille est déterminée d'après le pourcentage relatif du type de trame calcaire de la classe :

- Plus de 66 % de calcite macrocristalline; sparite (s);
- Plus de 66 % de calcite microcristalline; micrite (m);
- Moins de 66 % de calcite micro- et macrocristalline; grumite (g).

Ces limites sont purement conventionnelles; nous avons vu comment les familles passent insensiblement de l'une à l'autre. Dans la classe β les familles basées sur le type de ciment n'existent qu'à la condition de remplacer mentalement « sparite » par « vide originel »; pour éviter toute confusion possible on a préféré ne pas trop insister sur la symétrie des deux classes.

D. — Chaque type est désigné d'après la nature et la proportion des débris calcaires. Ces débris forment en effet trois variables qui peuvent également être introduites dans un diagramme triangulaire.

1. Le bios comprend les fossiles. Dans le Dinantien, il s'agit essentiellement de Crinoides et de Brachiopodes et accessoirement de Bryozoaires, Foraminifères, Pélécy-podes, Échinides et Algues.

2. Les débris calcaires remaniés sont des fragments de micrite à peine consolidés, remaniés par de faibles courants, les fausses brèches, les fausses oolites, les conglomérats intraformationnels, les « brèches » dues à l'action des organismes fousseurs (GREENSMITH, 1960) ou des agrégats du type « bahamite ». L'origine de ces débris est donc variable et ils participent d'une action mécanique et biologique. Dans certains cas il est d'ailleurs très difficile de déterminer la genèse de ces petits nodules irréguliers à contours évanescents; ils n'apportent en tout cas pas une preuve univoque de l'existence d'organismes fousseurs comme on le pense trop souvent. Ainsi le contact plane et net entre les fines plaquettes de micrite et de sparite du *Via* exclut la possibilité d'un remaniement postérieur au dépôt par les organismes.

3. Les oolites sont des précipités chimiques de calcite autour d'un nucleus. Elles sont rares, compte tenu de l'abondance de référence aux « calcaires oolitiques » de la littérature. La plupart de ces oolites sont des « intraclasts de *FOLK* » recouverts ou non d'une mince pellicule de calcite microcristalline. Les vraies oolites indiquent donc une action mécanique (turbulence) et une action chimique.

Un diagramme bios-débris remaniés-oolites permet de séparer les sept types qui suivent (fig. 7) :

Type 1 : bios excède 66 % du total des débris calcaires.

Type 2 : débris remaniés excèdent 66 % du total des débris calcaires.

Type 3 : oolites excèdent 66 % du total des débris calcaires.

Type 12 : bios + débris représentent 87 % des débris.

Type 13 : bios + oolites représentent 87 % des débris.

Type 23 : débris + oolites représentent 87 % des débris.

Type 123 : bios + oolites + débris représentent 87 % des débris.

E. — Le caractère d'autochtonie du type se marque par le symbole « prime » ('). Ainsi $\alpha 1'$ est l'autochtone correspondant à $\alpha 1$ allochtone.

F. — Le dernier facteur envisagé est la dimension des débris. Dans l'impossibilité d'appliquer l'échelle de Wentworth à une lame mince de calcaire, l'auteur a adopté comme limite entre calcarénite et calcirudite, plus de 10 % de débris dépassant

1 mm. Les calcarénites seront représentées par leur chiffre-type en caractères arabes; les caractères romains indiquent un calcaire plus grossier (α 1 et α I).

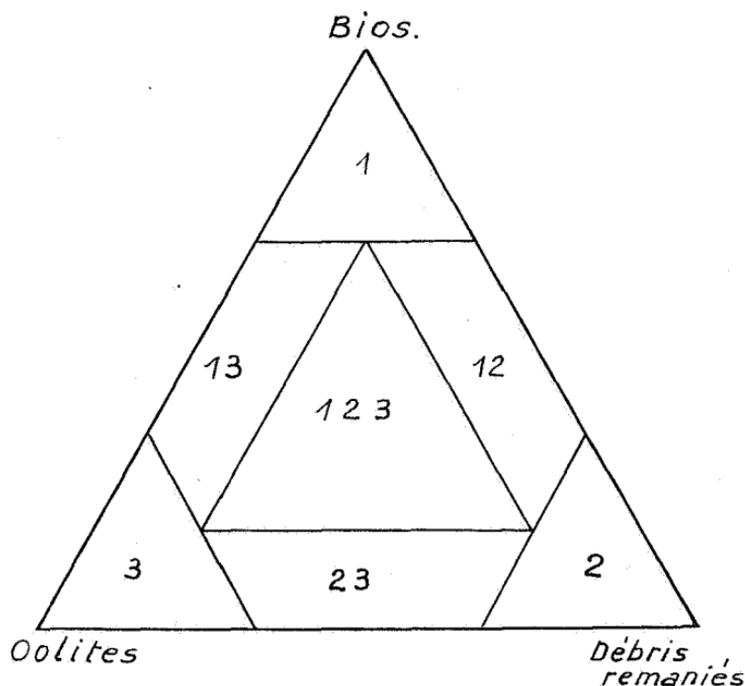


FIG. 7. — Diagramme triangulaire pour la détermination du type.

V. — RÉSULTATS OBTENUS POUR LE DINANTIEN BELGE.

Le tableau 1 consigne toutes les variables examinées jusqu'à présent. Ce schéma théorique a été vérifié par l'examen des lames minces du Dinantien belge. Parmi les calcaires à cimentation pénécotemporaine le type α 1 m est de loin le plus représenté (environ 30 %) suivi par les types α 1 s, β 1 s et α 12 m qui atteignent chacun une dizaine de pour-cent. Tous les autres types ne sont représentés que par des pourcentages minimes. Une association α 1 m, α 1 s, β 1 s, α 12 m représente donc un assemblage caractéristique d'une plate-forme stable.

L'homogénéité et la constance des relations entre l'écologie et le type de roche tel qu'il est proposé ici, confirme la valeur de cet essai de classification. Il serait intéressant d'étendre ces hypothèses à d'autres domaines de sédimentation calcaires tels

I.

		TYPE	β secondaire				γ diagenèse
			< 10 % de débris	> 66 % de débris	10 à 66 % de débris		
m			m g s				
α I m	1	β m, β g, β s d'après le ciment	π β 1	π β I	β 1	β I	γ 1 γ I
α' I m			π β' 1	π β' I	β' 1	β' I	
α II m	2		π β 2	π β II	β 2	β II	γ 2 γ II
α' II m			π β' 2	π β' II	β' 2	β' II	
α III m	3		π β 3	π β III	β 3	β III	γ 3 γ III
—			—	—	—	—	
α I II m	12		π β 12	π β I II	β 12	β I II	γ 12 γ I II
α' I II m			π β' 12	π β' I II	β' 12	β' I II	
α I III m	13	π β 13	π β I III	β 13	β I III	γ 13 γ I III	
—		—	—	—	—		
α II III m	23	π β 23	π β II III	β 23	β II III	γ 23 γ II III	
—		—	—	—	—		
α I II III m	123	π β 123	π β I II III	β 123	β I II III	γ 123 γ I II III	
—		π β' 123	π β' I II III	β' 123	β' I II III		

que plate-formes subsidentes et axes géosynclinaux. Il y est à prévoir une relation entre la paléogéographie et les types de calcaires.

La classification que nous proposons est hybride; elle intègre certaines observations de terrain avec celles du microscope; il y est fait appel à des arguments écologiques là où la méthode pétrographique fait défaut. Que l'on veuille se rappeler les limitations inhérentes à chacun de ces arguments, et leur association ne sera plus un point faible mais au contraire un avantage marquant.

La lenteur d'exécution reste certes le défaut majeur de cette hypothèse de travail; néanmoins elle reste la seule méthode applicable à l'analyse quantitative d'un lithotope et la seule manière raisonnée d'établir une carte détaillée des lithofaciès calcaires.

BIBLIOGRAPHIE.

- BATHURST, R. G., 1959, Diagenesis in Mississippian calcilutites and pseudo-breccias. (*J. Sed. Pet.*, vol. 29, pp. 365-376.)
- CAYEUX, L., 1935, Les roches sédimentaires de la France. Les roches carbonatées. Paris.
- CLOUD, P. E. and BARNES, V. E., 1958, Early Ordovician in Central Texas. (*Treatise of Marine Ecology and Paleocology*, G.S.A., Mem. 67.)
- DERVILLE, A., 1936, Les marbres du Bas-Boulonnais. Strasbourg.
- FOLK, R. L., 1959, Practical petrographic classification of limestones. (*A. A. P. G. Bull.*, pp. 1-32.)
- GREENSMITH, J. T., 1960, Introduction to the petrology of the oil-shale group limestones of West Lothian and Southern Fifeshire. (*J. Sed. Pet.*, vol. 30, pp. 553-560.)
- LOMBARD, A., 1956, Les séries marines. Géologie sédimentaire. Liège.
- MOORE, R. C., 1954, Regional aspects of carbonate deposition. (*A. A. P. G. Sp. Publ.*, n° 5, pp. 100-124.)
- NEWELL, N. D., 1953, The Permian reef-complex of the Guadalupe Mountain. Freeman, San Francisco.
- PETTICHOHN, F., 1957, Sedimentary rocks. 2nd edition. New York.
- PRAY, L., 1959, Fenestrate Bryozoan core facies Mississippian bioherms South-western United States. (*J. Sed. Pet.*, vol. 29, pp. 261-273.)
-