

DIAGENÈSE RÉCIFALE : CALCITISATION ET DOLOMITISATION LEUR RÉPARTITION HORIZONTALE DANS UN ATOLL SOULEVÉ ILE LIFOU. TERRITOIRE DE LA NOUVELLE CALÉDONIE

Françoise BOURROUILH (*)

*Laboratoire de Géologie historique
Université Paris-VI
T-15, E-1, 4, place Jussieu
75230 Paris Cedex 05*

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'une contribution à l'étude de la diagenèse des sédiments carbonatés en milieu récifal et subrécifal, une comparaison est faite entre les deux faciès diagénétiques : calcitique et dolomitique, juxtaposés dans le lagon fossile de l'atoll soulevé de Lifou, Archipel des Loyauté, Territoire de la Nouvelle Calédonie.

Une étude pétrographique au microscope polarisant, avec coloration différentielle sur lames minces, et au microscope électronique à balayage, est complétée par des analyses diffractométriques et chimiques.

Dans la région calcaire de l'ancien lagon, s'observent tous les passages latéraux de microfaciès entre des zones à aragonite encore présente, des zones calcitiques entièrement recristallisées mais à éléments figurés reconnaissables et enfin des zones micritisées.

Dans les premières, l'aragonite subsiste souvent en liséré micritique autour de l'élément figuré calcitisé ou autour de son moule en creux, ce qui témoigne de la dissolution qui affecte l'aragonite.

Deux régions apparaissent franchement dolomitiques à l'extrême Nord et Sud de l'ancien lagon. Entre les deux, s'étend une zone à calcite non magnésienne et souvent micritisée.

Les deux faciès diagénétiques apparaissent semblables en de nombreux points : grande porosité de la roche résultante, recristallisation sous forme de rhomboèdres euhédraux (dans les deux évolutions). La texture de la roche est dans les deux cas idiotope et équigranulaire.

L'étude des frontières entre ces différentes zones, permet de montrer trois types de dolomitisation incomplète :

(1) une *dolomitisation* appelée *préférentielle*, car par recoupements, il est possible de retrouver quelle a été la succession des phénomènes diagénétiques dans cette zone :

- 1. départ très rapide du magnésium,
- 2. dissolution de l'aragonite,
- 3. apparition de dolomite en lieu et place des éléments figurés aragonitiques,
- 4. dolomitisation des éléments figurés de calcite cryptocristalline,
- 5. dolomitisation des éléments figurés de calcite cristalline.

(*) En liaison avec l'équipe de Recherche Associée au CNRS n° 121, Pétrologie des Roches Calcaires.

(2) Une *dolomitisation* liée sans doute à des circulations *phréatiques* car elle a provoqué des dépôts successifs de calcite et de dolomite dans des microgéodes et formé des cristaux mixtes zonés ; cette dolomitisation se localise à l'ancien récif.

(3) Une *dolomitisation postérieure à une micritisation* calcitique, caractérisée par des rhomboèdres dolomitiques à noyau calcitique, et résultant d'un chevauchement de deux diagenèses dans la partie méridionale du lagon.

Ce dernier phénomène (micritisation calcitique) semble donc s'être produit, parallèlement à la dolomitisation, dans une grande partie du lagon et constitue une variation latérale de faciès géochimique.

Ainsi pour la première fois, cette étude permet de connaître la *répartition horizontale de la dolomitisation* dans un atoll du Pacifique, et ses passages latéraux de faciès.

Les sédiments récifaux et subrécifaux de la zone sud de cet atoll ont donc été soumis à des conditions physico-chimiques très particulières, qui les ont conduits soit à une *micritisation calcitique*, soit à une *dolomitisation*. Le passage étant très rapide de l'un à l'autre, le milieu diagenétique était sensiblement le même à quelques *paramètres près*. L'étude pétrographique du faciès calcitique montre que cette diagenèse a eu lieu dans une zone subaérienne dans un milieu à concentration ionique variable, en association avec des circulations karstiques ou capillaires sur les bords de l'ancien atoll.

Ces conditions physico-chimiques particulières peuvent avoir agi sur les sédiments de l'atoll de Lifou au cours de son soulèvement, soulèvement qui pourrait être très récent du fait de la persistance d'aragonite dans certaines zones de l'ancien lagon.

ABSTRACT

A comparison is done between the two diagenesis facies : calcitic and dolomitic, which are placed side by side in the fossil lagoon of the uplifted atoll of Lifû, Loyalty Archipelago, East of New Caledonia.

The study is done with spot tests on thin sections, scanning microscope, X rays and chemical analysis.

In the calcitic area, are all the passages between still aragonitic zone, recrystallised calcitic zone but with recognizable bioclasts and at last micritic zones.

Two areas are clearly dolomitic in the northern and

southern part of the lagoon. Between the two, is a low-magnesian calcitic zone, often micritized.

The two diagenetic facies are similar : high porosity, recrystallization with euhedral rhombs (in the two evolutions). The texture in both cases is idiopathic and equigranular.

Three types of incomplete dolomitization are seen on the borders of the two dolomitized areas :

(1) a « preferential dolomitization », with the diagenetic succession :

- a) very rapid departure of magnesium
- b) dissolution of aragonite
- c) appearance of dolomite in the place of aragonitic bioclasts
- d) dolomitization of cryptocrystalline calcitic bioclasts
- e) dolomitization of calcitic bioclasts

(2) A dolomitization linked to phreatic circulations, causing the successive deposit of calcite and dolomite in microgeodes and forming mixed zonal crystals, this dolomitization is located in the fossil reef.

(3) A dolomitization post calcitic micritization, showing dolomitic rhombs with a calcitic nucleus, coming from an overlap of the two diagenesis in the southern part of the lagoon.

The last phenomenon (calcitic micritization), seems to have happened in a large part of the lagoon in a parallel direction with the dolomitization and is a lateral variation of the geochemical facies.

For the first time, the horizontal distribution of the dolomitization is known on a Pacific atoll, and its lateral facies equivalent.

The reefal and subreefal sediments of the southern zone of this atoll has been submitted to very peculiar physico-chemical conditions, which has led them or to a micritic calcitization, or to a dolomitization.

For the transition is very quick from one another, the diagenetic environment might have been the same except few parameters. The petrographic study of the calcitic facies shows that this diagenesis occurred in a subaerial zone in an environment with variable ionic concentrations, in association with karstic and capillary circulations on the sides of the fossil atoll.

This physico-chemical conditions may have operated on the sediments of Lifû atoll during its rising which might be recent because of the persistence of aragonite in some areas of this fossil atoll.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen eines Beitrages zur Studie der Diagenese von Karbonatsedimenten im Riff- und Fastriffmilieu ist ein Vergleich gemacht worden zwischen den beiden diagenetischen Fazies : dem calzitischen und dem dolomitischen, die nebeneinanderstehen in der Fossilagune des erhobenen Atolls von Lifou, Archipel des Loyauté, neukaledonisches Territorium.

Eine petrographische Studie im polarisierenden Mikroskop mit differentieller Färbung auf Schliffen und im Scanningelektronenmikroskop ist ergänzt durch diffraktometrische und chemische Analysen.

In der Kalksteingegend der ehemaligen Lagune beobachtet man alle lateralen Änderungen von Mikrofazies zwischen den noch vorhandenen Aragonitzonen, den Calzitonen, die ganz umkristallisiert sind, jedoch in erkenntlich geformte Elementen ; und letzten Endes mikritisierte Zonen.

In den ersteren besteht der Aragonit oft als mikritischer Rand fort um das bestehende calzitische Element oder um seine hohle Form, was für eine Zersetzung des Aragonits zeugt.

Zwei Regionen im äussersten Norden und Süden der ehemaligen Lagune zeigen sich wirklich dolomitisch. Zwischen diesen beiden erstreckt sich eine Calzitzone, die kein Magnesia enthält und oft mikritisiert ist.

Die beiden diagenetischen Fazies scheinen in vielen Punkten gleich : grosse Porigkeit des sich daraus bildenden Gesteins, Umkristallisierung in Form von idiomorphen Rhomboedern (in beiden Entwicklungen). Die Textur des Gesteins ist in beiden Fällen idiotopisch und gleichmässig körnig.

Die Studie der Grenzen zwischen diesen verschiedenen Zonen erlaubt es, drei Typen von unvollständiger Dolomitisierung zu zeigen.

1) eine *Dolomitisierung*, die man die *bevorzugte* nennt, denn durch Vergleich ist es möglich herauszufinden, welches die Reihenfolge der diagenetischen Erscheinungen in dieser Zone war :

- 1 sehr schnelles Verschwinden des Magnesiums
- 2 Zersetzung des Aragonits
- 3 Auftauchen von Dolomit an Stelle der aragonitischen Elemente
- 4 Dolomitisierung der kryptokristallinen Calzitelemente
- 5 Dolomitisierung von kristallinen Calzitelementen.

2) eine *Dolomitisierung*, die ohne Zweifel an *phreatische* Strömungen gebunden ist, denn sie hat aufeinanderfolgende Ablagerungen von Calzit (Kalkspat) und Dolomit in den Mikrogeoden hervorgerufen und gebänderte gemischte Kristalle gebildet ; diese Dolomitisierung beschränkt sich auf das ehemalige Riff.

3) eine spätere Dolomitisierung mit einer calzitischen Mikritisierung, charakterisiert durch dolomitische Rhomboeder mit Calzitkern, die aus einer Überschiebung der beiden Diagenesen in dem meridionalen Teil der Lagune hervorgehen.

Diese letzte Erscheinung (calzitische Mikritisierung) scheint also parallel zur Dolomitisierung in einem grossen Teil der Lagune aufgetreten zu sein und bildet eine laterale Variation von geochemischen Fazies.

So erlaubt diese Studie zum ersten Mal die horizontale Verteilung der Dolomitisierung in einem Atoll des Pazifischen Ozeans und seine lateralen Änderungen der Fazies kennenzulernen.

Die Riff- und riffähnlichen Sedimente der südlichen Zone dieses Atolls waren also ganz besonderen physikalisch-chemischen Bedingungen unterworfen, die sie entweder zu einer *calzitischen Mikritisierung* oder zu einer *Dolomitisierung* geführt haben. Da der Übergang von einem zum anderen sehr schnell war, war das diagenetische Milieu *bis auf wenige Parameter* gleich. Die petrographische Studie des calzitischen Fazies zeigt, dass diese Diagenese in einer überirdischen Zone in einer Umgebung, in der die Ionenkonzentration wechselte, stattfand in Verbindung mit karstischen oder kapillaren Kreisläufen an den Ufern des ehemaligen Atolls.

Diese besonderen physikalisch-chemischen Bedingungen können auf die Sedimente des Atolls von Lifou im Laufe seiner Hebung gewirkt haben, eine Hebung, die sehr neu sein kann ; die Tatsache des Aragonitfortdauerns in gewissen Zonen der ehemaligen Lagune spricht dafür.

РЕЗИОМЕ

В рамках изучения диагенеза карбонатных отложений в рифовой и субрифовой среде, было произведено сравнение между двумя диагенетическими фациями, кальцитовой и доломитовой, расположенными рядом в прибрежном окаменелом озере приподнятого атолла Лифу, Архипелаг Луайоте, территория Новой Каледонии.

Петрографический анализ при помощи поляризу-

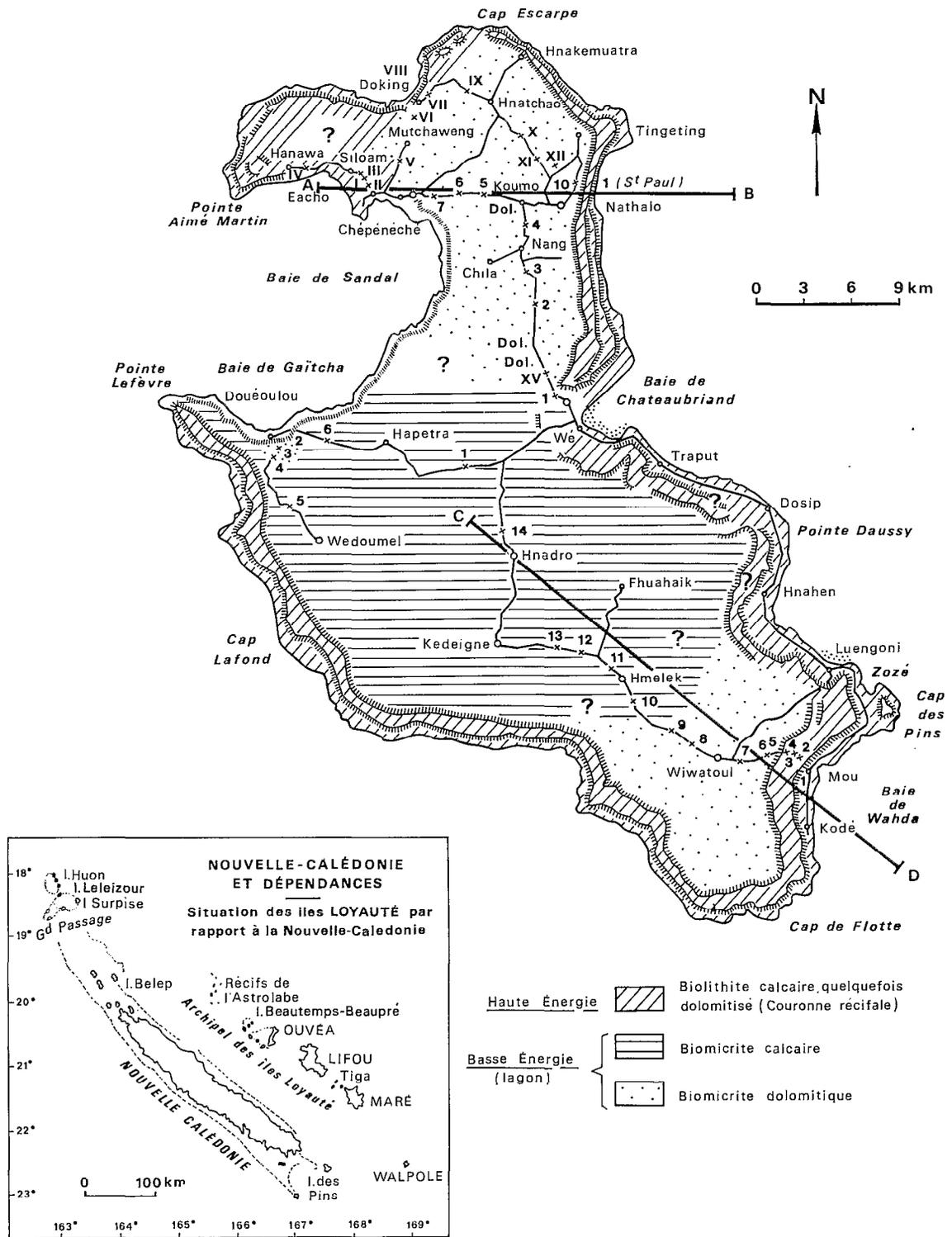


FIG. 1.

щего микроскопа, с дифференциальным окрашиванием на шлифах, и электронного микроскопа с электронной развёрткой, был дополнен диффрактометрическими и химическими анализами.

В известковой части древнего озера наблюдаются все боковые переходы микробазиц между зонами с ещё присутствующим арагонитом, кальцитовыми полностью перекристаллизованными зонами но с образными опознаваемыми элементами, и наконец микритизированными зонами.

В первых, арагонит часто сохраняется в виде микритической каймы, окружающей образный кальцитизированный элемент, или впадину образованную его отпечатком, что свидетельствует о растворении арагонита.

Два района, на крайнем севере и юге древнего озера, представляются явно доломитовыми. Между ними располагается кальцитовая зона, без магния, часто микритизированная.

Обе диагенетические фации представляются во многих отношениях сходными: значительная пористость конечной породы, перекристаллизация в виде идиоморфных ромбоэдров (в обоих случаях развития). Текстура породы в обоих случаях идиотопическая и равнозёрнистая.

Изучение границ между этими различными зонами выявляет три типа неполной доломитизации:

1) доломитизация получившая название « преференциальной », поскольку представляется возможным, путём сопоставительных проверок, воспроизвести последовательность диагенетических явлений в этой зоне:

- 1 весьма быстрый вынос магния,
- 2 растворение арагонита,
- 3 появление доломита на месте образных арагонитовых элементов,
- 4 доломитизация образных элементов криптокристаллического кальцита,
- 5 доломитизация образных элементов кристаллического кальцита.

2) доломитизация повидимому связанная с циркуляциями грунтовых вод, поскольку она обусловила последовательное отложение кальцита и доломита в микрогеодах и образовала смешанные зонированные кристаллы; эта доломитизация приурочена к древнему рифу.

3) доломитизация последовавшая кальцитовой микритизации, характеризующаяся доломитовыми

ромбоэдрами с кальцитовым ядром, произошедшая от наложения двух диагенезов в южной части озера.

Следовательно, последнее явление (кальцитовая микритизация) очевидно происходило параллельно доломитизации в большей части озера, и представляет собой латеральную вариацию геохимической фации.

Таким образом, исследование это впервые позволило выявить горизонтальное распределение доломитизации в одном из атоллов Тихого Океана и его латеральные фациальные переходы.

Рифовые и субрифовые отложения южной зоны этого атолла были следовательно подвергнуты влиянию особых физико-химических условий, которые привели их либо к кальцитовой микритизации, либо к доломитизации. Переход от одной к другой будучи весьма быстрым, диагенетическая среда оставалась в общем одинаковой, кроме некоторых параметров. Петрографическое исследование показало, что этот диагенез произошёл в подводной зоне, в среде с изменчивой концентрацией ионов, в связи с карстовыми или капиллярными циркуляциями на краях древнего атолла.

Эти особые физико-химические условия могли воздействовать на отложения атолла Лифу во время его поднятия, которое, возможно, произошло очень недавно, судя по сохранению арагонита в некоторых зонах древнего озера.

INTRODUCTION

Lifou, avec Maré et Ouvéa, sont les trois îles principales de l'archipel des Loyauté qui, au NE de la Nouvelle Calédonie, s'étend de 19°45' à 22°30' de latitude Sud et de 165°30' et 168°50' de longitude Est (fig. 1). Dans son aspect actuel, l'île de Lifou constitue géomorphologiquement un atoll soulevé de 100 m au-dessus du niveau actuel de l'Océan Pacifique tandis que le plateau intérieur karstifié de l'île, de 30 à 40 m d'altitude, correspond au fond de l'ancien lagon. L'ancienne couronne récifale forme une muraille presque continue autour de l'île. La muraille récifale s'abaisse au niveau d'anciennes passes reconnues par l'auteur dans les régions de Wé et de Döking. Atoll soulevé dont les sédiments sont difficilement datables (fin Miocène ?), l'île permet d'étudier la répartition horizontale de la dolomie, ce qui n'a pas encore été possible d'observer pour d'autres atolls du Pacifique tel que Kita Daïto Jima (soulevé), Eniwetok, Funafuti ou Mururoa (atolls fonctionnels), où la dolomie a été localisée soit à l'affleurement soit le plus souvent en sondages.

Reconnu depuis DARWIN (1842) et surtout CLARKE (1848) comme un « atoll soulevé composé de corail mort », c'est en 1958 qu'on signale à Lifou de la dolomie (P. KOCH) confirmée par les études de la Mission-Récif de la Fondation Singer Polignac (G. LUCAS) dont cette étude est issue. La répartition des échantillons calcaires et dolomitiques fait apparaître une différenciation diagénétique, non seulement entre certaines parties de l'ancienne couronne récifale et

le lagon, mais aussi dans le lagon lui-même (fig. 1 et fig. 2, coupes). C'est à ces zones du lagon que nous nous intéresserons d'abord, puisqu'elles concernent des roches de même altitude provenant de sédiments de même origine : le lagon où l'on peut penser que faune, flore, conditions hydrologiques étaient sensiblement uniformes, ce qui nous permettra de faire la comparaison et de voir l'évolution de ses sédiments.

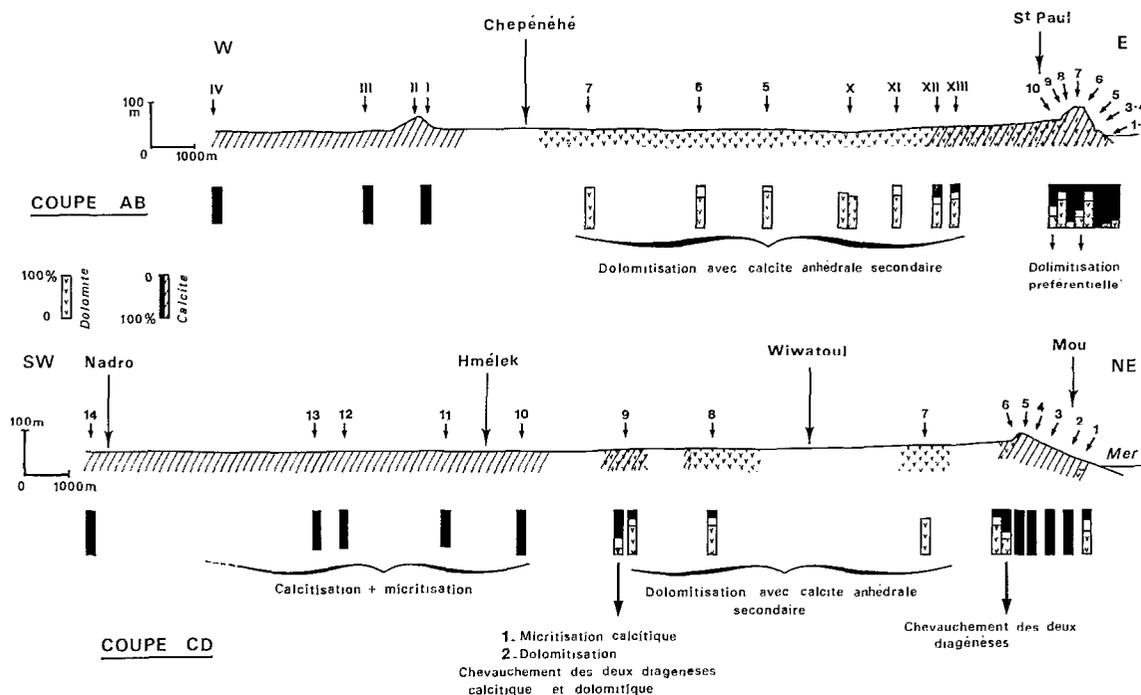


FIG. 2.

MÉTHODES D'ANALYSES

L'analyse pétrographique au microscope a été complétée par des colorations sur lames minces non couvertes en utilisant les colorants suivants : rouge d'alizarine S et Liqueur dite de Feigl (Ag_2SO_4 avec $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Le dosage aragonite-calcite-dolomite fut effectué sur un appareil diffractométrique Philips par la Société Elf-R.E. Les dosages Calcium-Magnésium furent effectués par complexométrie au laboratoire de Géologie Historique. Les photographies au microscope électronique à balayage furent effectuées au Laboratoire de Géologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris sur un appareil Cambridge.

TERMINOLOGIE

Les terminologies employées sont empruntées à R.L. FOLK (1959, 1962) quant au microfaciès de la roche, à G.M. FRIEDMAN (1965) pour la description des textures et structures de cristallisation, à D. NOEL (1967) pour l'ultrastructure au microscope électronique et la description des nanofaciès.

Glossaire. Les termes employés s'appliquent aux roches sédimentaires :

. cristal euhédral : cristal aux faces cristallographiques exprimées.

. cristal anhédral : cristal dépourvu de faces cristallographiques.

ÉVOLUTION CALCITIQUE

. structure idiotopique : formée de cristaux euhédraux.

. structure xénotopique : formée de cristaux anhédrax.

. cristal porphyrotope : cristal euhédral de très grand développement par rapport aux autres.

Du point de vue minéralogique, deux types de calcite existent dans les sédiments marins, une calcite dite « très magnésienne » et une calcite peu ou pas magnésienne. La limite entre ces deux calcites est arbitraire et varie avec les auteurs. Nous appellerons ici calcite très magnésienne une calcite dont le pourcentage atomique en magnésium est supérieur à 4 %.

Nous placerons la limite dolomite-dolomite calcique à 2,859 Å, écart réticulaire qui correspond au rapport atomique $^{53}\text{Ca}/^{47}\text{Mg}$ (GRAF et GOLDSMITH, 1958, GRAF 1961).

Zone calcitique du Nord Ouest

Localisation (voir fig. 1 et fig. 2, coupe AB).

Les stations étudiées se localisent de 25 m (III, 17 et 18) à 45 m (VII, 19).

Les échantillons I et II sont situés de part et d'autre d'un faro de 50 m, érodé.

Les autres sont sur le plateau, c'est-à-dire sur le fond de l'ancien lagon.

Chimie et Minéralogie (Cf. tableau)

Zone Nord : Chépénéhé - Hunété - Döking

Station	Altitude (en m)	Echant.	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne (1)	Calcite très magnésienne (2)	Dolomite calcique	% Mod. Mol. dans				Argile et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
							Calcite		Dolomite			
							(1) Mg	(2) Mg	Ca	Mg		
I	50	12	6	84			3				10	∞
		13	1	82			1				17	
		15	×	90			0				10	
		16		86			0				14	
II	49	14	20	67			3				13	∞
III	28	17	80	4			0				16	
		18		88			2				12	∞
IV	34	20	×	86			2				14	65
VII	36	19	×	81			2				19	13
VIII	45	25		90			1				10	∞

× : traces.

Dans cette zone on constate :

— la persistance d'éléments aragonitiques
— l'absence de calcite très magnésienne, malgré la présence en lame mince d'algues calcaires (Corallinacées)

— la valeur peu élevée du rapport Ca/Mg dans certains échantillons bien qu'il n'y ait ni calcite magnésienne, ni dolomite.

Pétrographie

Mise en évidence ponctuellement par la liqueur de Feigl, l'aragonite a une répartition qui n'est pas systématique.

De gros fragments de Polypiers persistent à l'état aragonitique (L 17) mais au niveau du tissu des *Hali-meda* on constate souvent la persistance du minéral sur le *pourtour général de l'élément figuré* et à une échelle plus petite sur le pourtour des tubes. Le reste : le centre du débris, ou le tissu lui-même, et le remplissage des tubes sont microspathiques (calcite) (L 12 et L 13) (fig. 3).

L'échantillon L 19 présente de nombreux éléments figurés cimentés par une calcite drusique (ou palissadique). Parmi ces éléments, nombreux sont encore aragonitiques, et nombreux aussi sont ceux qui sont en partie dissous : il ne reste qu'une enveloppe aragonitique ceinturant leur emplacement.

*La zone calcitique du Sud-Ouest de Lifou**Localisation*

La zone Sud-Ouest de Lifou (fig. 1) allant de Hmélek à Douéoulou, est constituée par le même plateau de 30 à 40 m d'altitude, dominé à l'Ouest et à son extrémité Sud par un rebord récifal de 90 à 100 m d'altitude. Ce plateau correspond au fond de l'ancien lagon.

Chimie et Minéralogie

Les échantillons de cette zone ont été soumis aux différents traitements indiqués précédemment. Les résultats ont été consignés dans les tableaux ci-après :

De même que précédemment dans la zone nord, les échantillons de la partie centrale du plateau non dolomitisé ne présentent jamais la coexistence aragonite-dolomite. De plus la calcite est une calcite peu ou pas magnésienne malgré la présence d'éléments figurés tels que des algues calcaires.

Zone Hapetra - Douéoulou - Wedoumel

Station	Altitude (en m)	Echantillons	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne	Calcite magnésienne	Dolomite calcique	Argile et/ou non dosés	% Mod. Mol. de			Ca/Mg en poids
								Ca dans calcite peu ou pas magnésienne	dans dolomite		
								Ca	Mg		
1	30	1		93			7	1			∞
		4		92			8	1			
2	20 25	2	17	70			13	4			50
		3	21	74 (calcites non différenciables)			5	3			
3	25	5		54		26	20	2	58	42	19
		9		85			15	2			
4	36	6		86			14	0			∞
5	36	7a	×	92			8	0			47
		7 (part. brune)		65			35	0			
6	35	8	2	83			15	0			∞

× = traces.

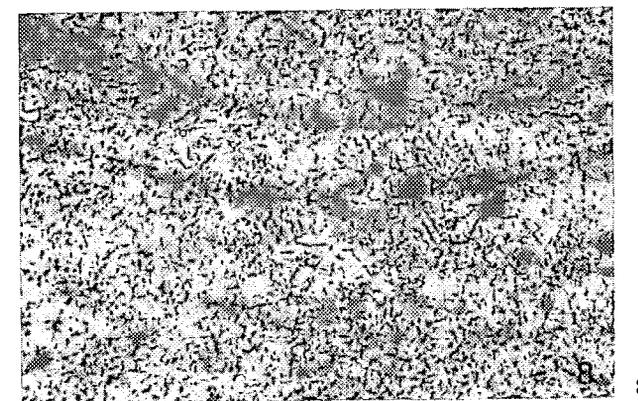
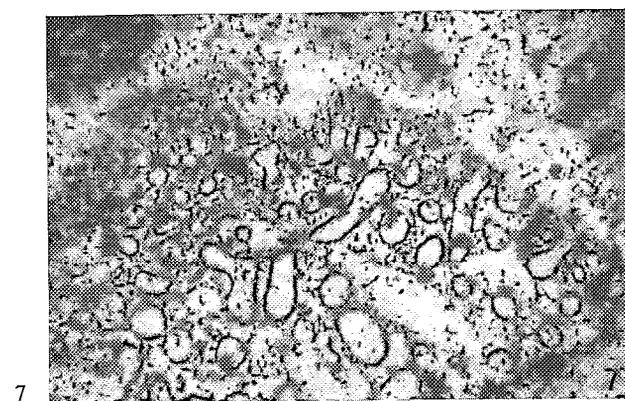
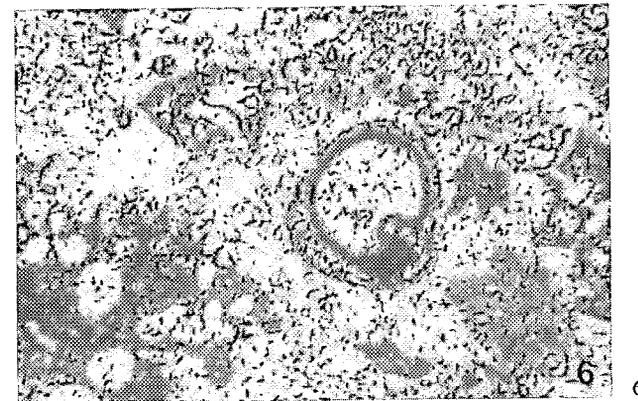
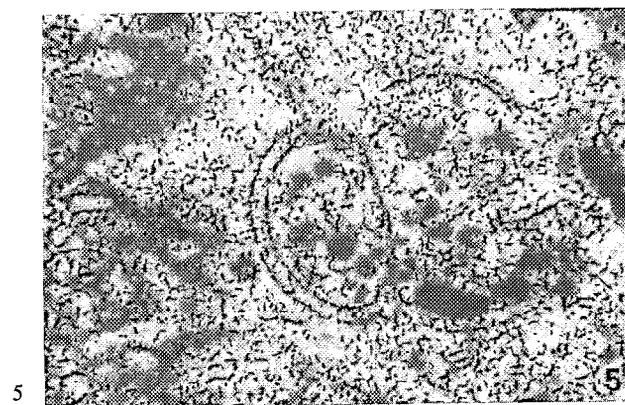
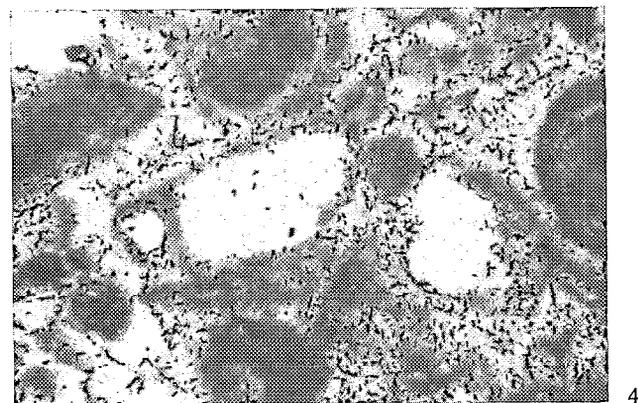
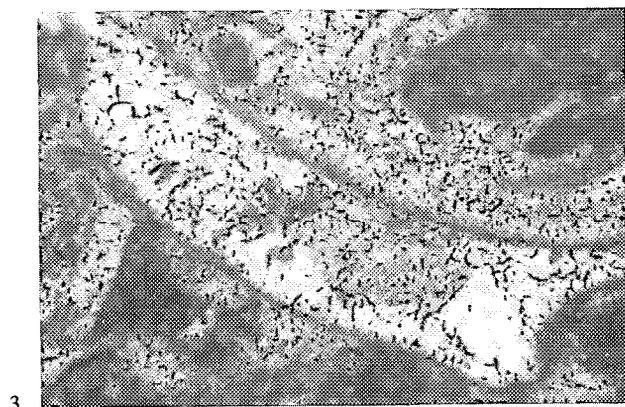
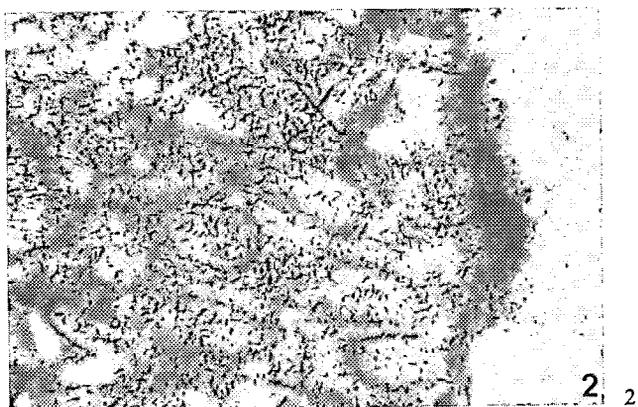
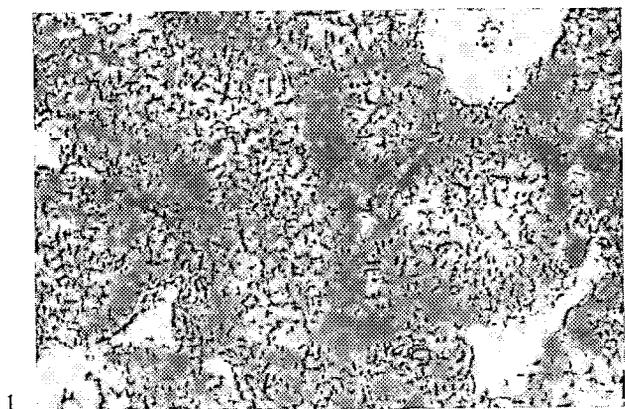


FIG. 3.

Zone de Mou à Wiwatoul

Station	Altitude (en m)	Echantillons	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne (1)	Calcite très magnésienne (2)	Dolomite calcique	Argile et/ou non dosés	% Mod. Mol. dans				Ca/Mg en poids
								Calcite		Dolomite		
								(1) Mg	(2) Mg	(3) Ca Mg		
10	33	80		99			1	1				
		82		96			4	0				50
11	30	87		80			20	0				∞
12	35	88		86			14	0				∞
13	35	86		88			12	0				∞
14	34	89		90			10	0				∞

Zone de Wé

Station	Altitude (en m)	Echantillon	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne	Calcite très magnésienne	Dolomite calcique	Argile et/ou non dosés	% Mod. Mol.				Ca/Mg en poids
								dans calcite		dans dolomite		
								(1) Mg	(2) Mg	Ca	Mg	
1	30	45		96			4	0				
		48		92			8	1				91,6

Porosité

Dans la zone calcitique, la porosité décroît avec la distance à la tache dolomitique : exemples des stations de 10 à 14 sur la coupe de Mou (échantillons : 82, 88, 89). Ce phénomène, nettement observable, doit traduire une modification des conditions physico-chimiques à mesure que l'on s'éloigne de la zone dolomitique.

Dans la zone proche du faciès dolomitique (échantillons 80 et 82 ou station 10 de Mou), la calcarénite présente une grande porosité correspondant à la disparition des éléments figurés à l'origine aragonitiques.

Pétrographie

A l'extrême Ouest de cette zone, diamétralement opposée à la zone dolomitique, le pourcentage d'éléments aragonitiques est très élevé. De même que dans la zone nord, l'aragonite encore présente se localise à la périphérie des éléments figurés, remplacés à l'intérieur par une calcite macro-ou microspathique (L 2, L 3), anhédrale, xénotopique.

Dans la zone centrale, autour de Hnadro (station 14) les éléments figurés sont nettement individualisés et reconnaissables. La roche est du type biomicroite.

Le microfaciès est en général à cristaux euhédraux de calcite (rhomboédres), de texture idiotopique et inéqui-granulaire de 8 microns (station 14, L 89), à 60 microns pour maximum, sur le pourtour des méats ou microgéodes, ou à 100 microns quand il s'agit d'un Polypier recristallisé. Quelques cristaux anhédraux de calcite existent entre les éléments figurés dans quelques méats.

Près de la zone dolomitique, la porosité observée précédemment correspond à la disparition des éléments figurés. En lame mince, s'observent des trabécules calcitiques formant un réseau quelquefois microcritique mais le plus souvent à 40 microns (L 49). De nombreuses particules monocristallines présentent un accroissement syntaxial de calcite peu magnésienne.

L'ensemble de ces caractères pétrographiques évoque un processus diagenétique subaérien, tel que ceux décrits par MATTHEWS (1967), LAND (1970) et MÜLLER (1970).

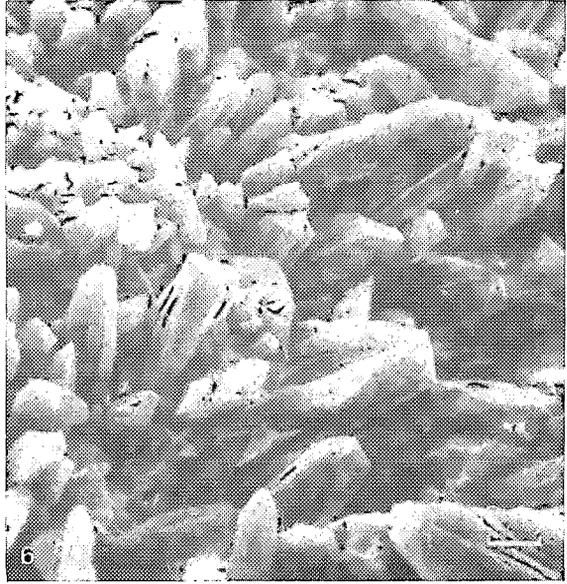
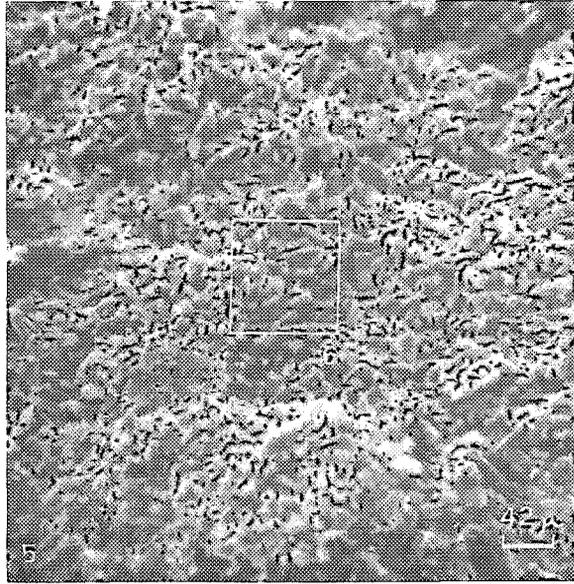
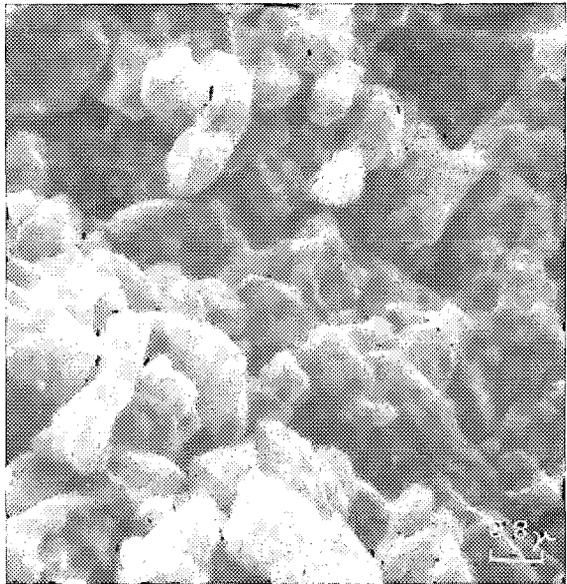
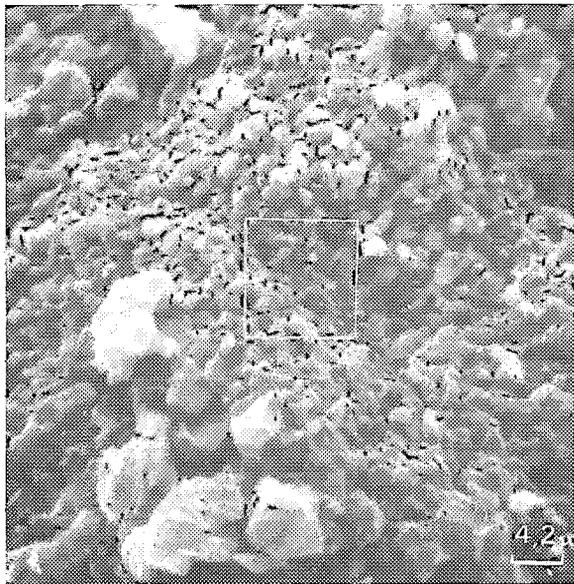
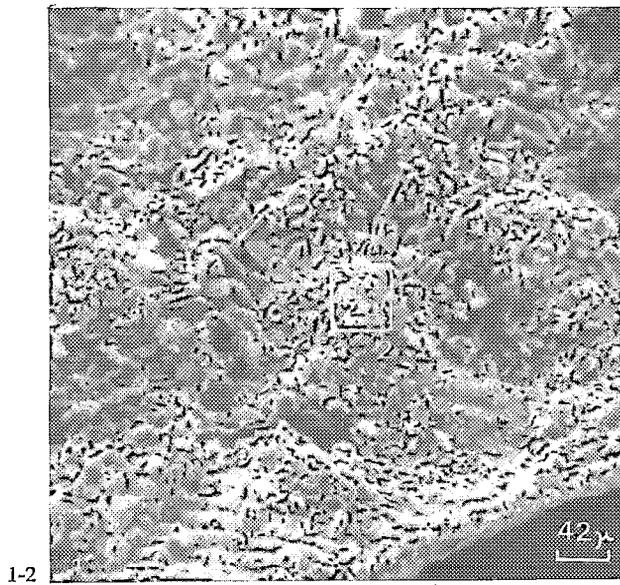


FIG. 4.

Ultrastructure et nanofaciès

Après étude au microscope électronique à balayage, les éléments figurés de micrite calcitique (station 13 L 86), sont formés de grains équidimensionnels de calcite, de 1,3 microns à 1,5 microns euhédraux, (aux formes cristallographiques nettes) (fig. 4, n° 1, 2 et 3 et fig. 5, n° 1, 2 et 3).

Entre les bioclastes, des cristaux plus allongés ont de 18 microns de longueur à 30 microns (fig. 4, n° 4 et 5).

La figure 5 rend l'aspect d'ensemble du faciès à la station 12, L 88, : trabécules de cristaux euhédraux de calcite laissant de nombreux méats entre eux, témoins de bioclastes de petite taille (fig. 5, n° 4, 5 et 6).

Les cristaux semblent être des rhomboèdres avec troncation engrenés les uns dans les autres du fait de leur croissance respective conjointe : ce caractère explique la cohésion imparfaite de la roche et sa friabilité.

Dans cette diagenèse calcitique, aucun cristal de calcite spathique de grand développement n'est visible.

Conclusion

Les deux zones non dolomitiques de l'ancien lagon de Lifou présentent les caractères suivants :

- persistance de structures aragonitiques, souvent localisée à la périphérie des bioclastes en une ligne micritique.

- dissolution jusqu'à complète disparition de l'aragonite en s'approchant des zones dolomitiques.

- accroissement de la porosité, consécutive à la disparition des bioclastes aragonitiques.

- recristallisation calcitique sous forme d'une micrite à nanocristaux euhédraux donnant une texture idiotopique dans la zone proche de la dolomitisation.

ÉVOLUTION DOLOMITIQUE DES SÉDIMENTS DU LAGON

Etude de la zone Nord

La zone dolomitique commence au Nord de Wé, jusqu'à Chépénéhé, St-Paul et Döking. L'altitude des stations d'observation varie de 0 à 20 m.

Chimie et Minéralogie

Cf. tableaux p. 134.

Pétrographie

L'ensemble des échantillons provenant de la zone dolomitisée dans la partie nord du lagon, présente les caractères suivants :

- une porosité très grande, estimée de 50 à 60 %, porosité due à la disparition des éléments figurés de toute taille, repérable par leur moule en creux.

- les seuls éléments figurés identifiables sont les Algues calcaires Corallinacées, dont les structures persistent à l'état dolomitique.

- pétrographiquement l'ensemble donne une impression de réseau.

- les cristaux sont euhédraux, à formes cristallographiques exprimées.

- la taille des rhomboèdres est variable suivant les échantillons mesurés selon leur plus grande diagonale apparente, les plus grands atteignent 90 microns. Les valeurs moyennes se situent vers 50 microns (L 46, L 99) ou vers 20 microns (L 51).

- les textures sont quelquefois équigranulaires, mais en général inéquigranulaires du fait de la présence d'éléments figurés à l'état de micrite dolomitique (fig. 6, n° 1).

- ces dolomies sont idiotopiques, composées de grains tous euhédraux.

- de très rares cristaux de calcite anhédrale secondaire remplissent quelquefois certains pores (fig. 6, n° 1 et 2) et expliquent le pourcentage de calcite non magnésienne trouvée à l'analyse.

Etude de la zone Sud du lagon

L'extrême Sud-Est de l'île, entre les villages de Mou et Hmélek, présente une seconde zone dolomitisée de 10 km de côté, à l'altitude constante de 40 m et bordée sur trois côtés par l'ancien platier récifal continu (fig. 1).

Chimie et Minéralogie

Cf. tableaux p. 134.

Par rapport à la zone centrale dolomitique, on constate ici un fort pourcentage de calcite non magnésienne.

Pétrographie

Macroscopiquement, la roche est blanche ou beige, dure, compacte et à grain fin, poreuse (moules en creux de Polypiers et de Gastéropodes).

Microscopiquement, de nombreuses taches micritiques sont reliées par un *ciment microcristallin dolomitique trabéculaire*. Certaines de ces taches sont attribuables à des fragments de Corallinacées nettement reconnaissable, bien que micritisés, mais dépourvus de grands rhomboèdres exprimés. Les fragments bioclastiques de Lamellibranches se reconnaissent à leur contour général. Leur limite est marquée

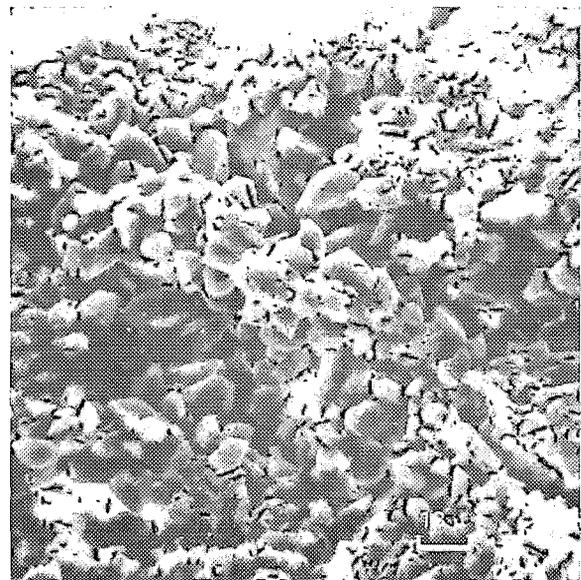
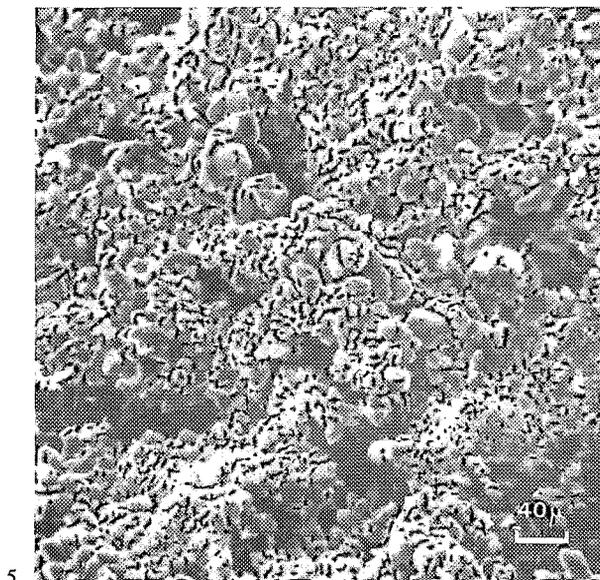
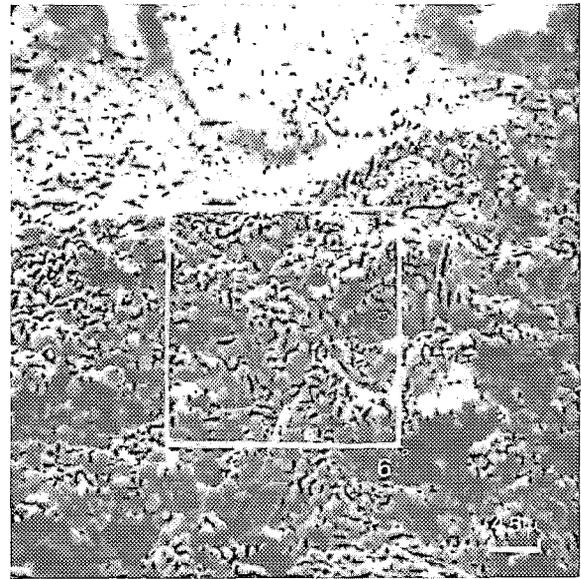
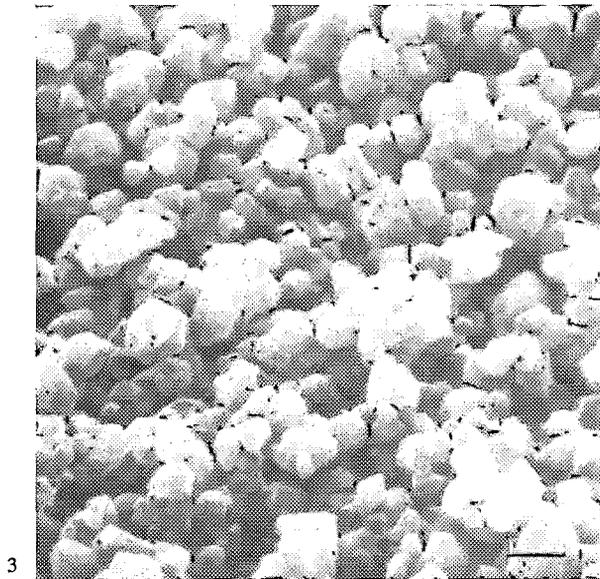
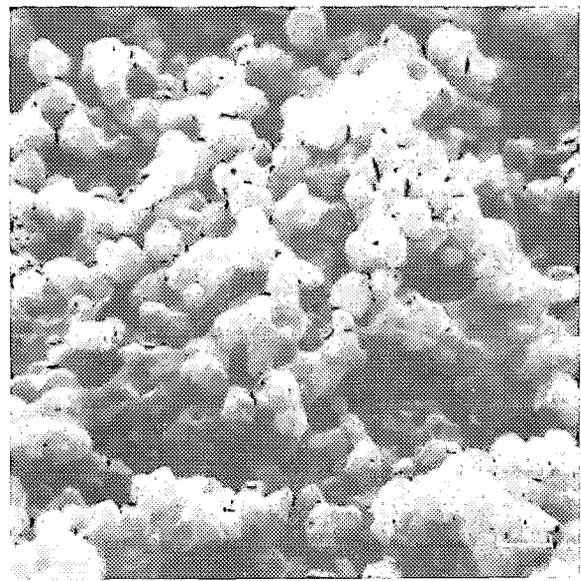
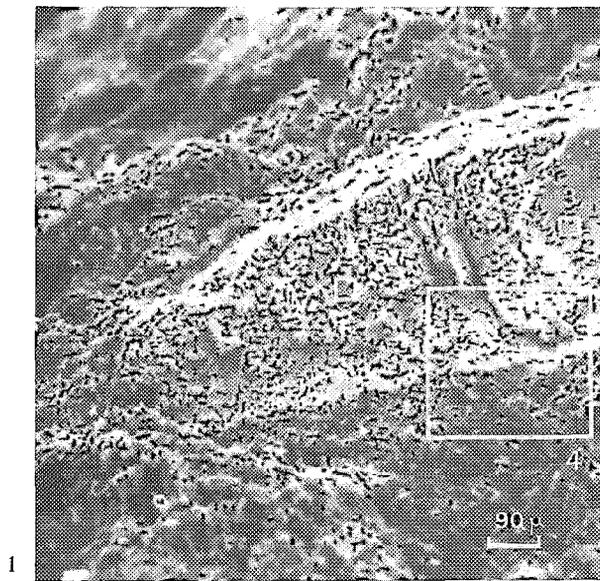


FIG. 5.

Zone Nord. Chépénéhé - Döking - Koumo

Station	Altitude (en m)	Echant.	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne (1)	Calcite très magnésienne (2)	Dolomite calcique	% Mod. Mol. dans				Argile et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
							Calcite		Dolomite			
							(1) Mg	(2) Mg	Ca	Mg		
V	30	22		11		66	0		57	43	23	2,75
VI	25	21		4		73	0		56	44	23	2,93
IX	31	23		×		81	0		57	43	19	2,93
X	22	26				82			57	43	18	2,5
		27				76			57	43	24	
XI	25	28		×		76	0		56	44	24	2,38
XII	29	31		38		58	0		57	43	4	2,6
XIII	29	29		16		66	2		55	45	18	3,7

Zone centrale de Wé à Chépénéhé

Station	Altitude (en m)	Echant.	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne (1)	Calcite très magnésienne (2)	Dolomite calcique	% Mod. Mol. dans				Argile et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
							Calcite		Dolomite			
							(1) Mg	(2) Mg	Ca	Mg		
2	30	47		3		75	0		59	41	22	2,3
		99		×		99	0		57	43	1	
3	28	46		×		84	0		59	41	16	2,7
		98		0		84			57	43	16	
4	28	50		6		78	1		57	43	16	2,36
5	26	51		3		85	0		57	43	12	2,40
		53		×		89	0		56	44	11	
6	26	94		3		75	0		58	42	22	2,71
7	26	52				94			57	43	6	2,20

× = traces.

Coupe de Mou à Wiwatoul

Station	Altitude (en m)	Echant.	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne (1)	Calcite peu magnésienne (2)	Calcite très Dolomite calcique	% Mod. Mol. dans				Argile et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
							Calcite		Dolomite			
							(1) Mg	(2) Mg	Ca	Mg		
7	41	81		0		82			57	43	18	
8	36	85		18		67	0		55	45	15	2,58
9	40	83		15		63	0		57	43	22	
		84		61		19	0		55	45	20	3,21

par un liseré micritique d'où s'échappent des rhomboédres dolomitiques. L'emplacement de la coquille est occupé par de la calcite anhédrate postérieure, macrocristalline. Les macrofaciès sont à peu près identiques à ceux de la zone septentrionale : (L 81, L 85, stations 7 et 8 de Mou),

— avec des cristaux dolomitiques euhédraux formant une texture idiotopique, inéqui-granulaire (30 à 60 microns, longueur maximale de la plus grande diagonale apparente).

— remplissage *secondaire de calcite anhédrate à grands cristaux* (200 à 300 microns) dans les méats, (peu fréquent dans la zone septentrionale et expliquant le fort pourcentage de calcite peu ou pas magnésienne).

— la porosité est toujours très importante et les seuls éléments figurés encore reconnaissables bien que dolomités sont les débris de Corallinacées.

L'échantillon 81 (station 7 de Mou) présente des moules internes de Lamellibranches de plusieurs centimètres de long. Après dissolution de la coquille, ces moules ont été remplis, dans le sédiment déjà dolomitisé, par une boue maintenant de micrite dolomitique. Plusieurs de ces poches indiquent un remplissage saccadé.

On constate une transition dans le microfaciès pé-trographique en allant du SE au NW. En se rapprochant de la zone calcitique de structure idiotopique (st. 7) on passe à une structure xénotopique.

De plus, de la station 7 à la station 9 (fig. 2, coupe CD), on passe d'un faciès à cristaux essentiellement dolomitiques à des roches à cristaux « mixtes » qui montrent une alternance de calcite et de dolomite (st. 9, L 84, ayant subi une micritisation calcitique puis dolomitisation). Il y a enfin augmentation en pourcentage de la calcite anhédrate secondaire.

Ultrastructure

L'examen direct de ces cristaux de dolomite calcique, s'est faite au stéréoscan (Lab. de Géologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris) sur des échantillons dépourvus de calcite (L 50 et L 52).

Si les cristaux dolomitiques sont facilement identifiables au microscope photonique, il n'en est pas de même pour les zones micritiques. L'observation au microscope électronique à balayage montre que ces zones ne sont pas morphologiquement différentes de l'ensemble et qu'elles sont faites, elles aussi, de cristaux euhédraux de dolomite mais de taille bien inférieure : 0,5 micron (fig. 7). Les rhomboédres dolomi-

tiques varient donc de 60 microns à 0,5 micron suivant la plus grande diagonale apparente du cristal.

Classification

Plusieurs classifications existent pour les roches dolomitiques selon les critères utilisés par les auteurs. La figure 8 donne la position des échantillons magnésiens de Lifou en fonction de la classification chimique de G.V. CHILINGAR (1958), utilisant le rapport Ca/Mg en poids. Ce rapport est porté selon l'axe des ordonnées pour lequel on a utilisé une échelle logarithmique à trois modules (fig. 8).

Le pourcentage de dolomie théorique correspondant est porté sur l'axe des abscisses en coordonnées arithmétiques.

Une telle classification, basée essentiellement sur le rapport Ca/Mg est insuffisante car pour deux échantillons voisins : L 5, Ca/Mg = 19 et L 19, Ca/Mg = 13, le moins magnésien (L 5) à l'analyse est pourtant celui qui contient de la dolomie, tandis que le plus magnésien n'en contient pas.

La dolomite de Lifou est semblable aux dolomites en provenance d'autres atolls du Pacifique. A l'analyse diffractométrique (fig. 9), elle présente les raies de surstructure caractéristiques, mais la raie principale présente une avance de quelques dixièmes de degré par rapport à la dolomite standard. Ce décalage léger est dû à la présence d'un excès d'ions Calcium dans le réseau dolomitique, ce qui en fait une dolomite calcique ou protodolomite (GOLDSMITH et GRAFF, 1958). Les pourcentages respectifs d'ions calcium et magnésium figurent dans les tableaux d'analyses.

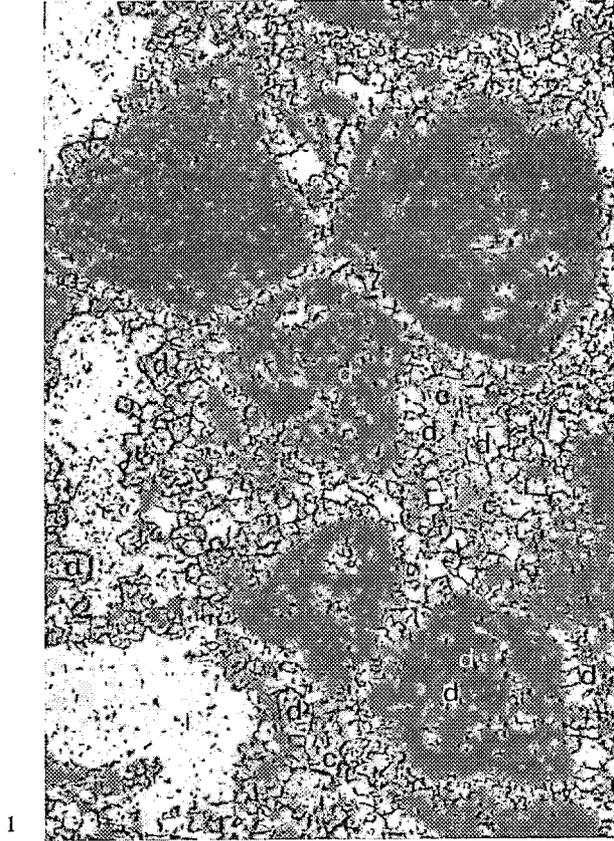
VARIATIONS LATÉRALES

Zone méridionale Ouest

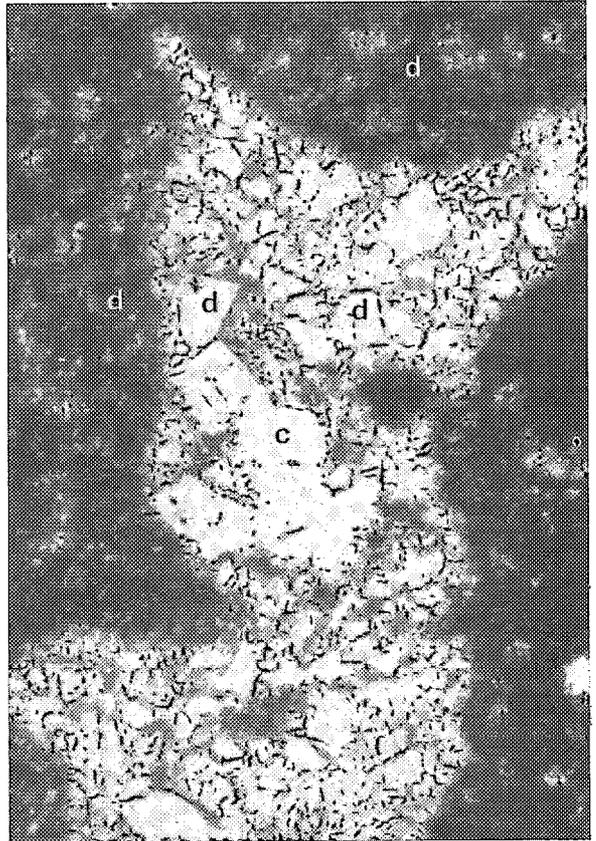
Il semble qu'il existe à quelques kilomètres au Sud de Douéoulou (fig. 1), sur le rebord du plateau, une zone dolomitique de faible superficie mais qui a l'avantage d'être *partiellement dolomitisée* (St. 3, L 5).

— Sont *restés calcitiques* les Foraminifères (Miliolids, Amphistéginidés), les Foraminifères encroûtants, les spicules d'Alcyonnaires, la boue micritique remplissant les éléments figurés fermés (fig. 10, n° 1, 2, 3 et 4).

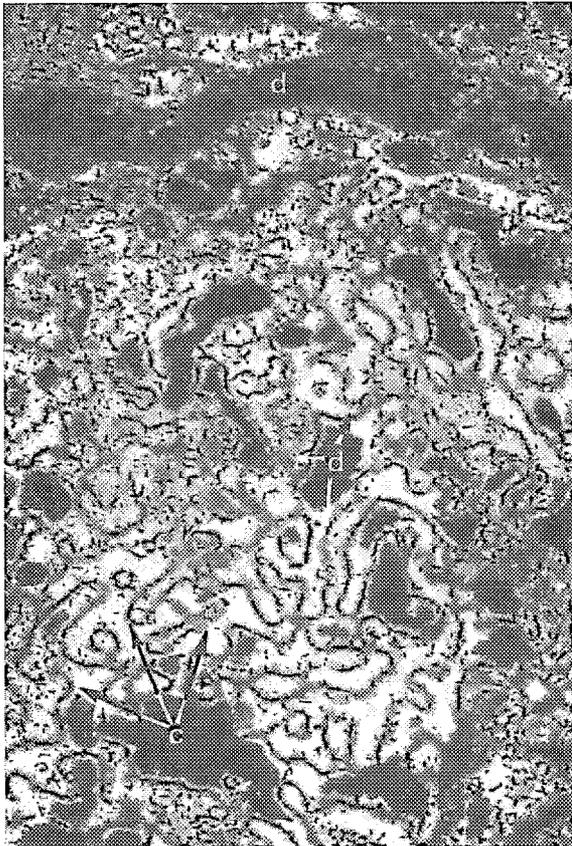
— Sont dolomités les fragments de Polypiers et à leur contact les Algues calcaires encroûtantes (Corallinacées).



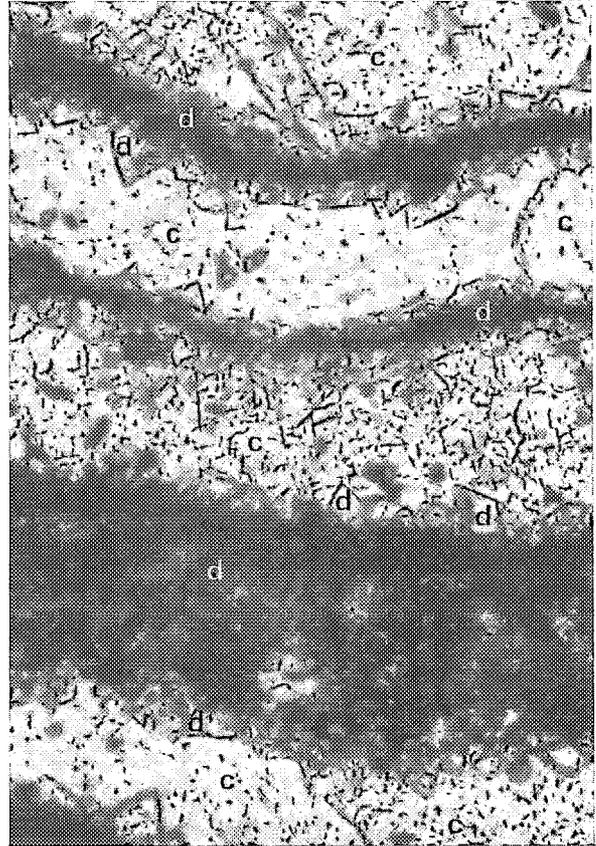
1



2

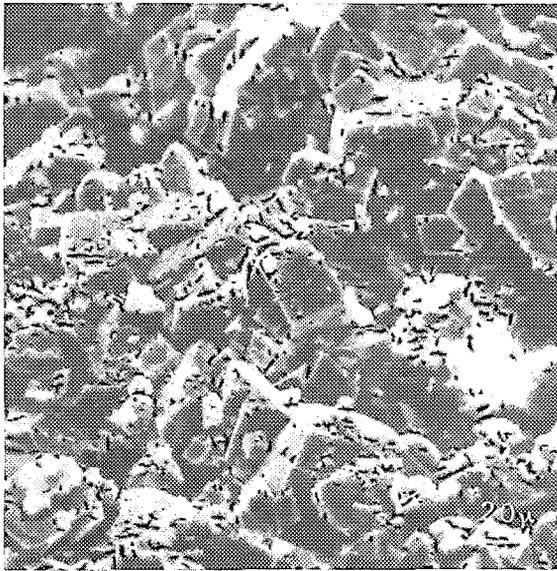


3



4

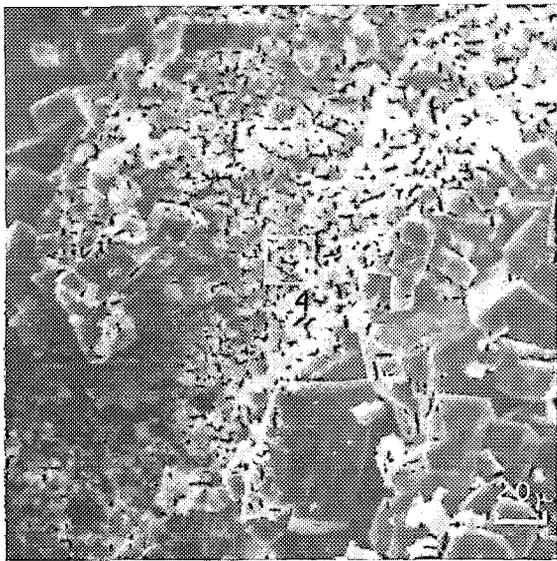
FIG. 6.



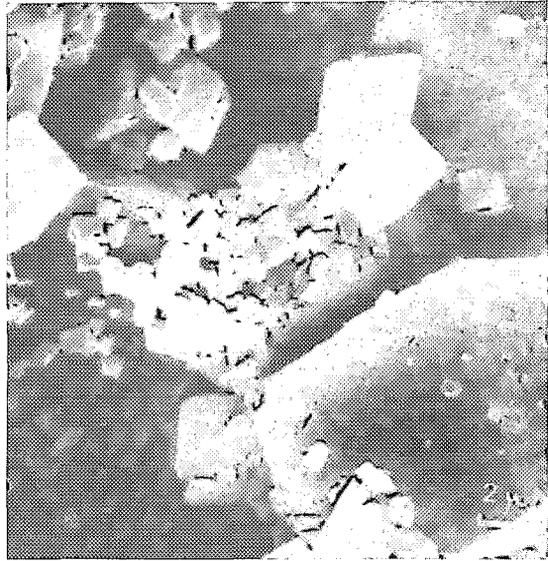
1



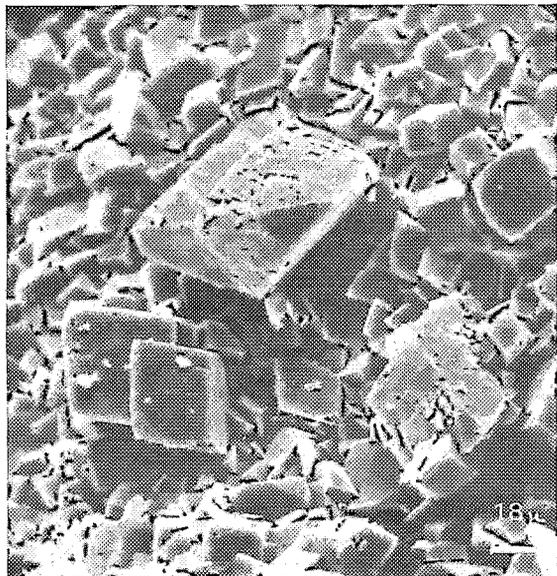
2



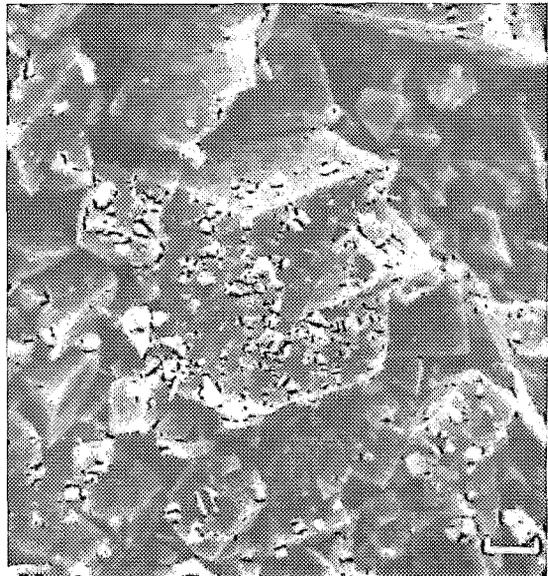
3



4



5



6

FIG. 7.

Des cavités importantes creusées dans les fragments de Polypiers sont remplies encore par de la micrite calcitique montrant des rhomboédres dolomitiques parfaits.

L'analyse diffractométrique de cet échantillon donne les résultats suivants :

Station	Echantillon	Aragonite	Calcite peu ou pas magnésienne (1)	Calcite très magnésienne (2)	Dolomite calcique	% Mod. Mol. dans			Argile et/ou non dosé
						Calcite (1)	Dolomite		
							Mg	Ca	
3	5	—	54		26	2	58	42	20

Pétrographie

Les fragments d'Hexacoralliaires de taille notable (1 à 2 cm) permettent des observations intéressantes montrant plusieurs étapes dans la dolomitisation (fig. 10, n° 3 et 4).

— les septas sont faits de cristaux euhédraux de grande taille.

— les cavités interseptales peuvent être soit en micrite dolomitique, avec des traces ténues de calcite, soit en micrite calcitique sur laquelle se détachent quelques grands cristaux dolomitiques.

— certaines de ces cavités en *micrite calcitique* débouchent vers la *matrice dolomitique externe* et sont donc en contact avec elle. Cela indiquerait que la dolomitisation et la lithification des boues à l'intérieur du Polypier étaient achevées quand la dolomitisation de la boue externe a commencé.

Alcyonnaires

Pour les spicules d'Alcyonnaires, la dolomitisation affecte le centre et le pourtour du spicule (fig. 10, n° 5). Il semble, en particulier pour les rhomboédres du pourtour qu'ils aient la même orientation optique que les cristaux calcitiques aciculaires du spicule. Pour les échinodermes, l'unité d'orientation optique est conservée.

Sur des spicules montrant une dolomitisation plus avancée, la croix noire en LAP persiste même au niveau de zones dolomitisées, indice que les *éléments figurés calcitiques* sont dans ce type de dolomitisation, les *derniers* à être dolomitisés et que, d'un point de vue minéralogique, le rhomboèdre de dolomie prend la place exacte du cristal de calcite en gardant l'orientation optique de ce dernier. Cette dolomitisation se produit de l'extérieur vers l'intérieur pour les zones périphériques.

Les Algues calcaires

Leur évolution dolomitique est complexe : certaines présentent des parois dolomitiques et un remplissage calcitique. D'autres, des zones à paroi de calcite primaire et remplissage dolomitique et d'autres zones où les parois sont en calcite spathique secondaire de recristallisation.

Quand l'algue (dont la structure cellulaire est toujours visible) est entièrement dolomitique, on constate qu'il y a *disparition totale* des membranes cellulaires calcitiques. Quelques parcelles de membranes subsistent par endroits.

Les stades diagénétiques peuvent être les suivants :

— dépôt de fragments bioclastiques dans une micrite aragonitique par analogie avec les boues micritiques actuelles en voie de dépôt dans un environnement marin ouvert ou marin confiné : mangrove, marais maritime.

— cette boue remplit les cavités des éléments figurés (perforation des Polypiers, etc.).

— dissolution précoce des éléments figurés aragonitiques par suite d'un changement physico-chimique, cristallisation de la dolomite en lieu et place de l'aragonite. C'est ainsi que les Polypiers, les Lamelli-branches aragonitiques et la boue micritique de dépôt donnent naissance à des rhomboédres euhédraux dolomitiques.

Donc ici, parallèlement, se produisent une dolomitisation et une calcitisation des sédiments, la quantité d'ions Magnésium étant sans doute insuffisante pour la dolomitisation totale.

Variations de faciès autour de la zone dolomitique Nord

L'échantillonnage dans cette zone permet une étude des variations latérales des faciès :

(a) vers l'Est, le long d'un sentier conduisant à la côte et recoupant la muraille récifale à partir du village de St-Paul,

(b) vers le Nord,

(c) vers l'Ouest.

Vers l'Est : du lagon à travers la muraille récifale et jusqu'à la côte actuelle, *Coupe de St-Paul, zone NE de Lifou* (fig. 8 coupe AB).

Analyses minéralogiques

	Station	Altitude (en m)	Echant.	Calcique peu ou pas magnésienne (1)	Calcique très magnésienne (2)	Aragonite	Dolomite calcique	% Mod. Mol. dans			Argile et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
								Calc. (1) Mg	Dolomite			
								Ca	Mg			
RÉCIF	2		34	83		5	×	4	57	43	12	
			36	62		30		4			8	
	3	20	59	82		4		2			14	
			60	96				2			4	
			61	80				3			2	
	4	25	62	88				2			12	
			57	99			×	3	56	44	1	
	5	30	58	91				3			9	
			55	96				2			4	
	6	65	56	100				2			×	
54			13				61	0	57	43	26	
7	80	37	94				2			6	216	
		38	54				27	2	57	43	19	
		39	88					1			12	
8	75	41	88				0			12	653	
9	70	42	15				64	1	58	42	21	2,5
10	40	44	50				28	0	60	40	22	7,64
LAGON	Coupe de Chépénéhé											
	XIII	30	29	16			66	2	55	45	18	

Pétrographie

Du lagon au récif, s'observent les passages suivants :

1/Zone de transition du lagon au récif

La station 10 (L 44) montre une *dolomitisation par-*

tielle qui, comme précédemment, affecte préférentiellement :

- 1) les éléments aragonitiques,
- 2) les éléments à calcite cryptocristalline,
- 3) la boue.

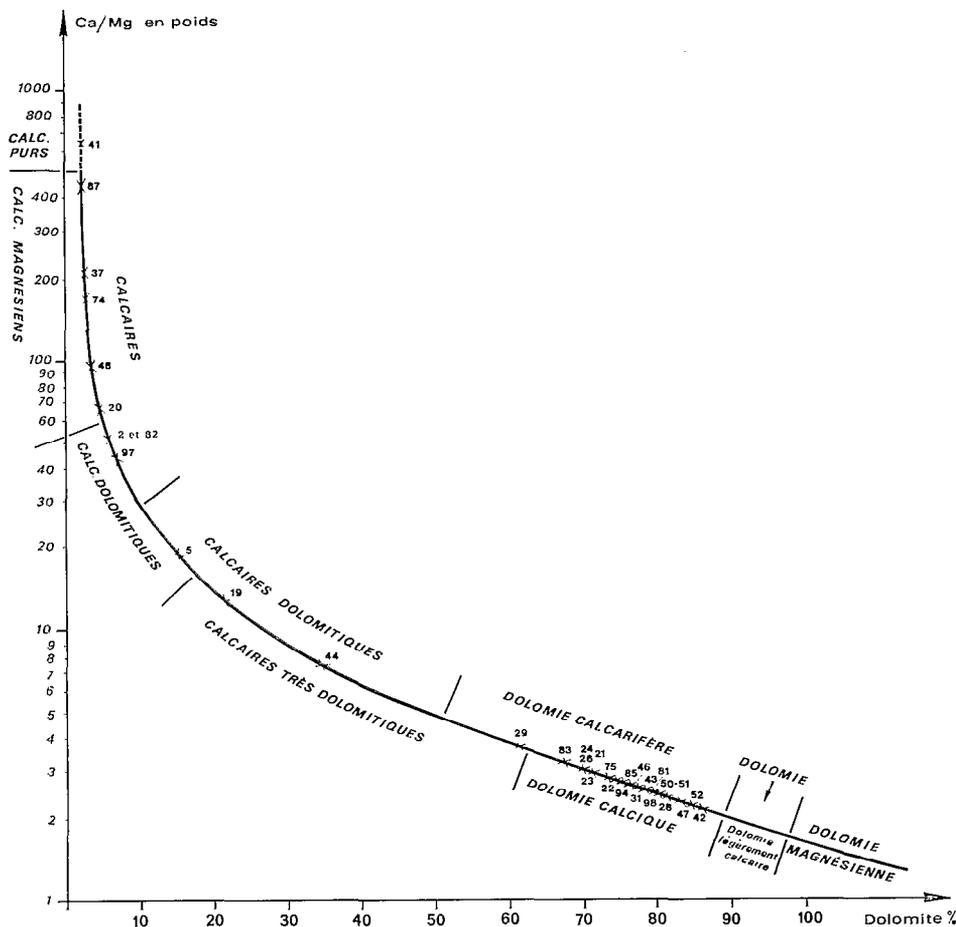


FIG. 8.

En effet dans un même échantillon sont calcitiques : les Foraminifères encroûtants, les Foraminifères du type Amphistigimidés, les spicules d'Alcyonnaires, les Lamellibranches, certains articles d'*Halimeda*. La dolomitisation se localise par contre dans des Foraminifères à test cryptocristallin, certains Lamellibranches et les *Halimeda*.

Les rhomboèdres apparaissent isolés dans la micrite calcitique.

Des thalles de Rhodophycées et de Chlorophycées sont entièrement dolomités avec conservation des structures, ce qui exclut une recristallisation dans un vide mais plutôt un remplacement cristal à cristal sous l'influence de certaines conditions physico-chimiques.

Par exemple les Chlorophycées à thalle calcaire (Udothécacées, *Halimeda* sp.) peuvent présenter dans une même lame mince les différentes étapes de la diagenèse qui les a affectées (fig. 10, n° 6). Les moins dolomités présentent un tissu dolomitique et leurs siphons sont remplis de calcite. Au stade ultime le remplissage des siphons est lui-même dolomitisé et la structure algaire encore reconnaissable.

Pour cette zone de transition, il semble qu'on puisse discerner deux étapes, mêlant les deux diagenèses :

- 1) une dolomitisation précoce, respectant les structures en lieu et place de l'aragonite, puis calcitisation et
- 2) une *dolomitisation post-lithification* liée à des fluctuations dans les conditions physico-chimiques, avec

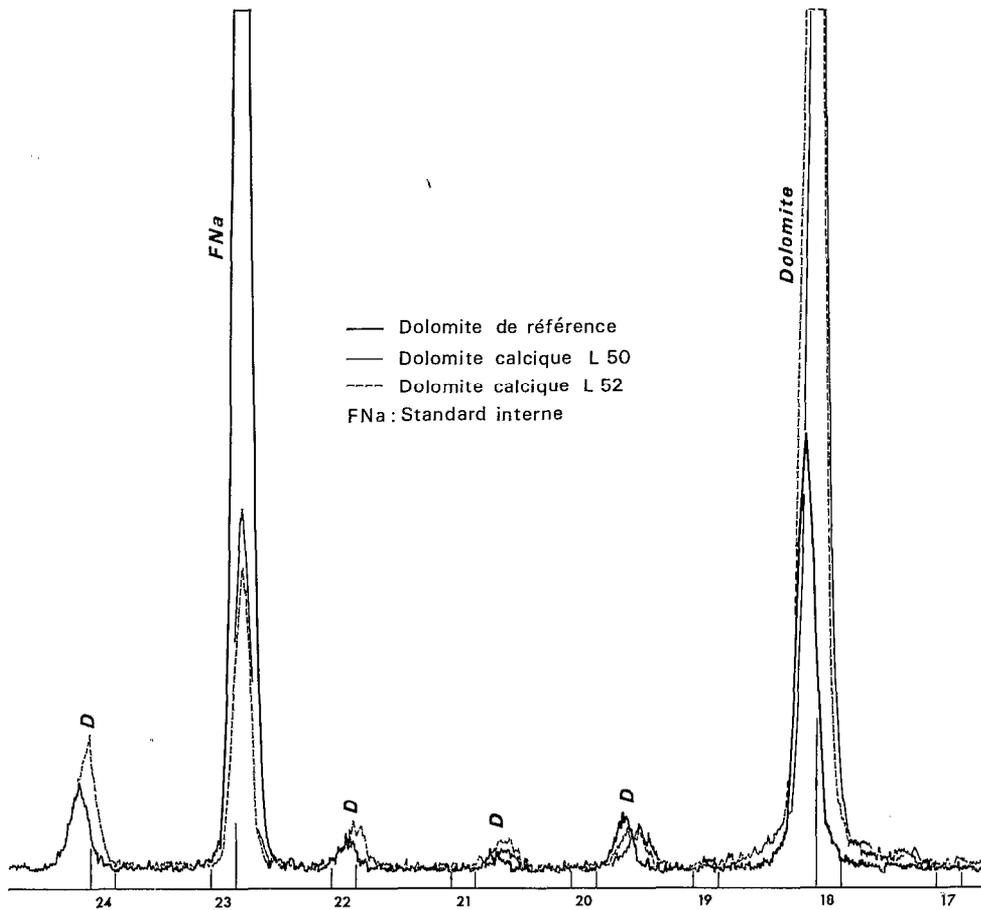


FIG. 9.

réurrence d'une période courte de calcitisation (photo du liseré calcite-dolomite dans la L 44) (fig. 11, n° 1).

On constate ainsi dans le lagon que les zones proches de l'affleurement dolomitisé présentent une *diagenèse complexe mêlant calcitisation et dolomitisation*, ce qui traduit des fluctuations dans les conditions physico-chimiques ayant régné sur les bords de la tache dolomitisée.

Muraille interne de l'ancien récif. Au-dessus de cette station 10, déjà sur la muraille de l'ancien récif, côté lagon, on trouve une dolomie provenant d'une calcarénite à Mélobésiées et Polypiers, en voie de calcitisation secondaire (Station 9, L 42) (fig. 6, n° 3 et 4).

Partie centrale du récif. Entre ces deux stations (fig. 2) sur le récif, s'observent soit des calcarénites pures

(St 7, L 37 et L 39), soit une biomicrite partiellement dolomitisée (St 7, L 38) qui montre surtout un remplissage alterné de dolomite et de calcite dans les méats, évoquant des circulations phréatiques.

Sommet du récif. Des échantillons dolomitiques ont été relevés jusqu'au sommet de l'ancien récif (Station 6, L 54) où l'on note une dolarénite et une biodolomicrite à remplissage secondaire de calcite anhydre.

Conclusions. Donc entre lagon et récif, se situent des zones à dolomitisation préférentielle et à dolomitisation partielle secondaire : où calcite et dolomite sont intimement mêlées, et dans le récif lui-même un mélange entre des zones entièrement dolomitiques et d'autres entièrement calcitiques.

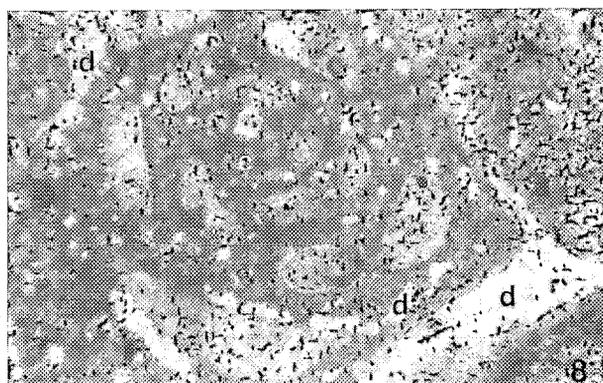
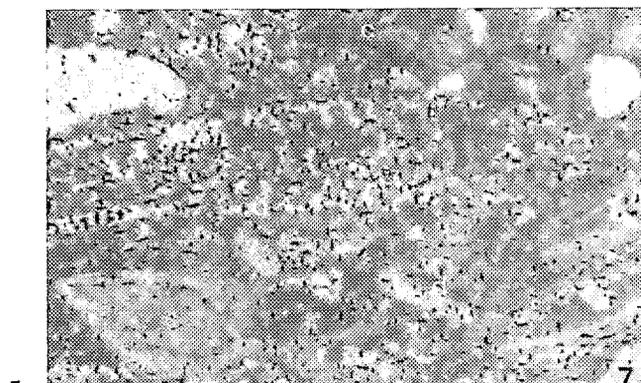
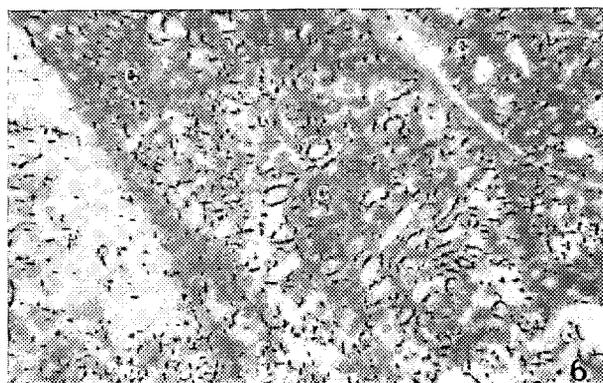
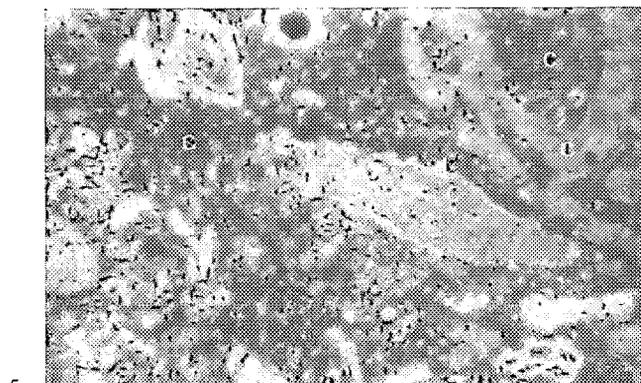
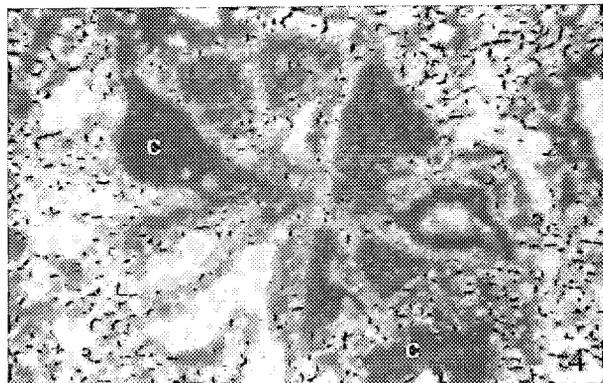
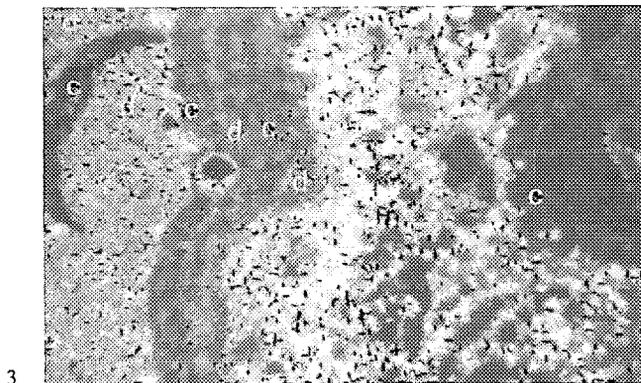
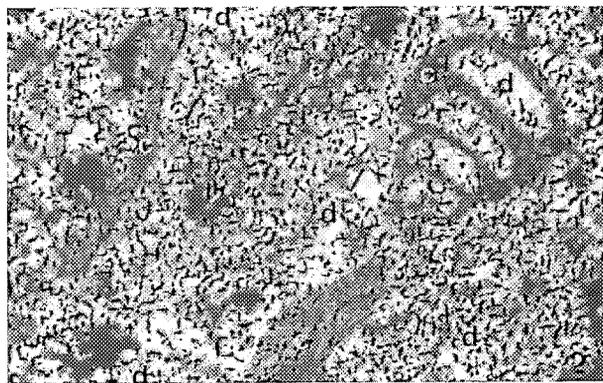
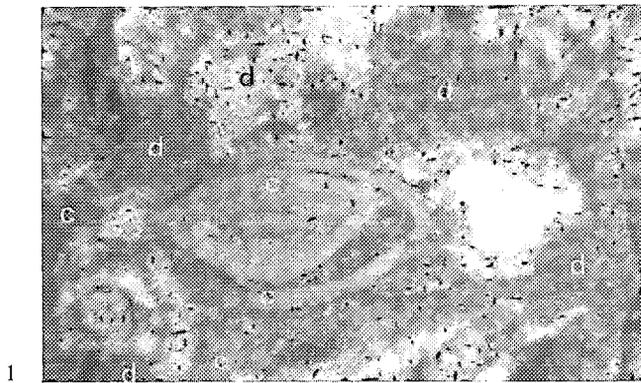


FIG. 10.

Vers le Nord.

A la station X de Chépénéhé (L 21) on observe une biodolomicrite à dolomitisation préférentielle achevée : 1) les *spicules d'Alcyonnaires* très abondants dans cette zone sont entièrement dolomitiques avec une couronne de grands cristaux euhédraux à la périphérie ; 2) les *Foraminifères Operculinidés* et 3) les débris d'*Echinodermes* montrent des phénomènes comparables. Il y a conservation de l'orientation optique originelle des cristaux (conservation de la croix noire pour les structures radiaires et de l'unité optique pour les fragments d'Echinodermes).

Vers l'Ouest

Une comparaison peut être faite entre les stations III (L 17, L 18) et V (L 22), se situant à la même altitude et dans le lagon, altitude de 28 à 30 m et 4 km de distance. Mais nous ne possédons pas malheureusement les échantillons intermédiaires.

Du côté calcitique il y a dissolution des éléments figurés aragonitiques dont il semble rester quelques

traces, et dont quelques-uns sont remplacés par de la calcite anhédrate anidiotopique. La première station dolomitique (V, L 22) 4 km plus à l'Est est déjà une dolomie idiotopique à texture équigranulaire en réseau, les vides correspondant à l'emplacement des éléments figurés.

Variation de faciès autour de la zone dolomitique Sud

L'échantillonnage étudié permet l'étude de ces variations de faciès au Sud-Est, entre les villages de Wiwatoul et de Mou, ce qui permet de voir que l'évolution des faciès intéresse la partie Sud de la muraille récifale, et la zone centrale Sud du lagon autour du village de Hmélek, au Nord-Ouest de la zone dolomitique.

La variation est brutale entre les deux faciès. En 2,5 km de la station 9 à la station 10, on passe d'un faciès dolomitique pur à un faciès calcitique pur.

Topographiquement, le faciès magnésien est situé à une altitude supérieure au faciès calcitique ce qui explique la présence à Hmélek d'une éolienne puisant de l'eau magnésienne.

Station	Altitude	Echantillon	Calcique peu ou pas magnésienne (1)	Calcite très magnésienne (2)	Dolomite calcique (3)	% Mod. Mol. dans				Argiles et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
						(1)	(2)	(3)			
						Mg	Mg	Ca	Mg		
8	36	85	18		67	0		55	45	15	2,58
9	40	83	15		63	0		57	43	22	
		84	61		19	0		55	45	20	3,21
10	33	80	99			1				1	
		82	96			0				4	50
11	30	87	80			0				20	∞

De part et d'autre les faciès sont microcristallins à micritiques avec une forte porosité et un effacement des structures organiques.

L'échantillon 84 (station 9 de Mou) représente la frontière entre les deux zones : calcitisée et dolomitisée du lagon (fig. 11, n° 2, 3 et 4).

Aucun bioclaste n'est reconnaissable. Tout est recristallisé. La technique des colorations différentielles montre un mélange intime entre une micrite calcitique et une micrite dolomitique.

C'est à cette même station que nous avons signalé précédemment des cristaux euhédraux de nature mixte :

- soit à noyau calcitique (cf. fig. 11, n° 3 et 4) ;
- soit alternance sur la périphérie du cristal de couche calcitique et dolomitique (cf. fig. 11, n° 6 et 7).

L'évolution diagénétique dans cette zone, telle que l'on peut la déduire des observations précédentes, semble avoir été la suivante :

- dissolution de l'aragonite

— micritisation calcitique très poussée avec effacement des structures car : fond micritique, absence de structure reconnaissables, et rhomboèdres dolomitiques à noyau de calcite

— dolomitisation alors que la calcitisation a déjà effacé les structures, dolomitisation dont l'intensité est fonction de la quantité de Mg disponible

— calcite secondaire dans les méats, anhédrale.

Coupe de Mou, Wiwatoul à Nadro

Variation de faciès à travers le récif SE (fig. 2 coupe CD).

Minéralogie

	Station	Altitude (en m)	Echantillon	Calcite peu ou pas magnésienne (1) (%)	Calcite très magnésienne (2)	% dolomite calcite (3)	% Mod. Mol. dans				Argile et/ou non dosés	Ca/Mg en poids
							Calcite		Dolomite			
							(1) Mg	(2) Mg	Ca	Mg		
RÉCIF	1	20	63	97	—	—	1				3	
			64	100			1				×	
			66	33		58	3		57	43	9	
	2	30	65	100			0				×	
			67	97			0				10	
			69	98			0				2	
	3	42	71	97			2				3	
			70	97			0				3	∞
	4	60	72	100			0				×	1 102
			73	98			1				2	
	5	65	74	94			2				6	170
	6	48	75	21		54	2		57	43	25	2,67
			76	53		38	1		56	44	9	
			77	15		75	2		56	44	10	
79			49		36	1		57	43	15		
LAGON	7	41	81	0		67	0	55	45	15	2,58	

Pétrographie

Les échantillons provenant de la muraille récifale, côté lagon (station 6 de Mou) montrent des structures pétrographiques intéressantes, témoignant encore des variations, des conditions physico-chimiques qui ont affecté le sédiment.

L'échantillon 79 concerne une dolomie à cristaux euhédraux, de structure idiotopique, inéqui-granulaire (taille maximale 100 microns, selon la plus grande diagonale du cristal). Les cristaux les mieux exprimés se situent à la périphérie des méats ou micro-géodes et montrent souvent un *centre calcitique* et une *alternance calcite dolomite sur un même cristal*. Le remplis-

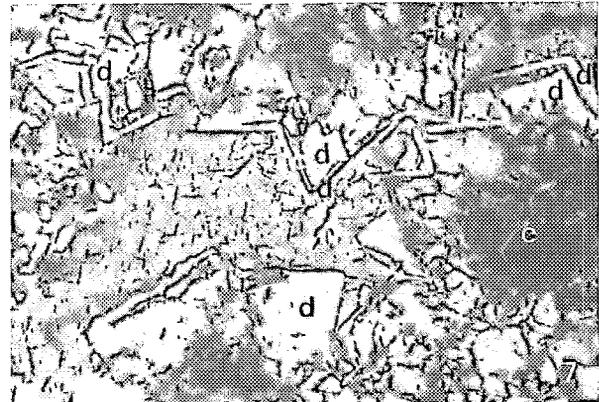
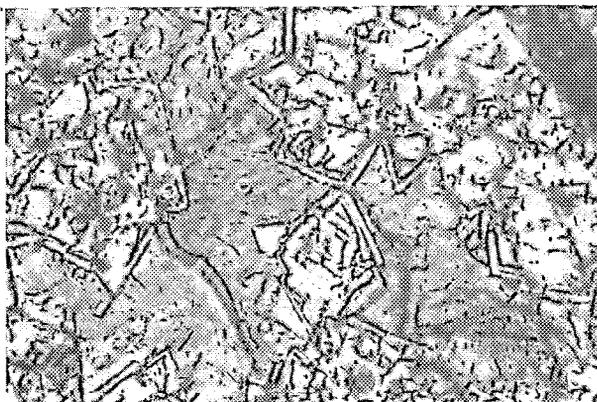
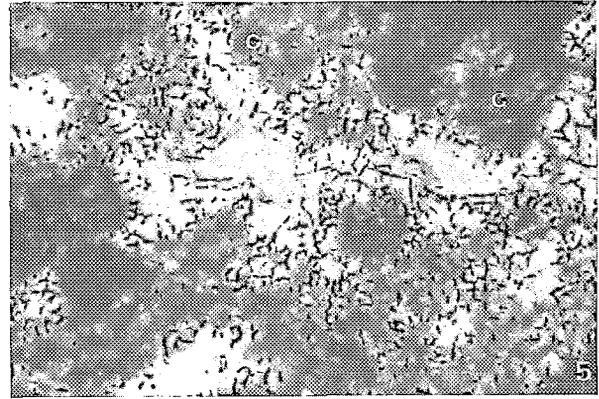
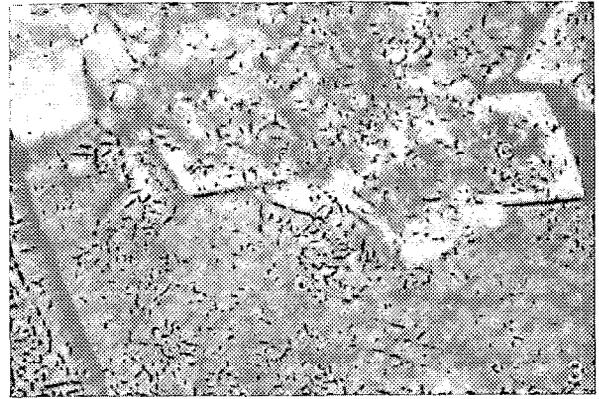
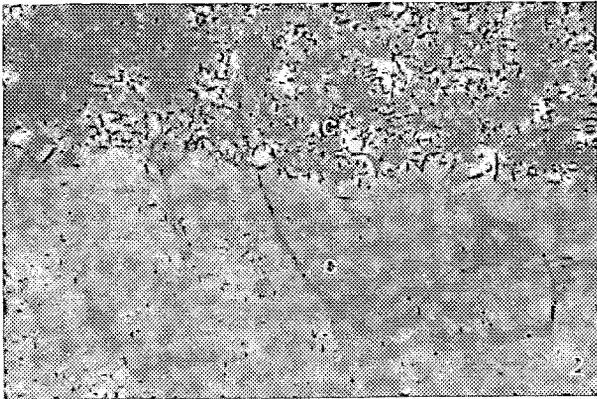
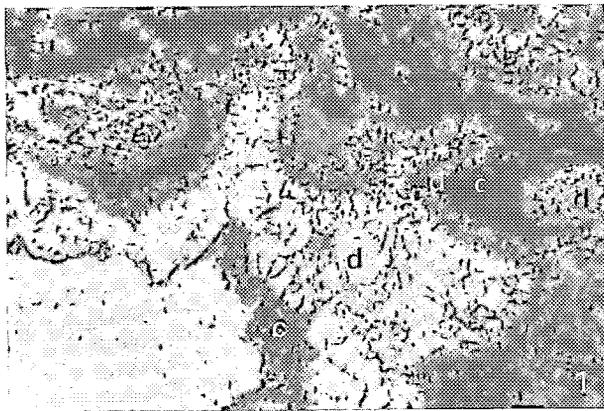


FIG. 11.

sage final du méat est assuré par de la calcite anhédrate (fig. 11, n° 5, 6 et 7).

L'échantillon 76 présente des *éléments figurés à l'état de micrite non dolomitique*, un ciment dolomitique à cristaux euhédraux avec des éléments porphyrotopes dolomitiques.

Dans l'échantillon 75, des moules d'organismes de taille importante (plusieurs cm de long) sont remplis par une micrite calcitique contenant des rhomboédres dolomitiques. Le remplissage final dans la partie supérieure du moule est fait de la calcite anhédrate.

Ainsi le côté interne de la muraille récifale, tournée vers le lagon, présente des phénomènes diagénétiques mixtes avec :

- mélange entre micrite calcitique et dolomitique
- cristaux rhomboédriques mixtes avec alternance de calcite et de dolomite
- quelques éléments figurés demeurent encore à l'état calcitique, notamment les Corallinacées.

Donc, de part et d'autre de la tache dolomitique Sud, soit dans le lagon, soit au sommet du récif, nous avons observé les mêmes phénomènes pétrographiques qui mettent en évidence :

- 1) une dissolution préalable de l'aragonite.
- 2) une micritisation calcitique de tous les éléments figurés, *précédant*.
- 3) une dolomitisation plus faible.
- 4) enfin une calcite anhédrate postérieure remplit partiellement quelques méats.

La dolomie réapparaît sur la bordure externe de l'île (station I de Mou L 66) à une dizaine de mètres d'altitude. Il s'agit d'une dolarénite à remplissage postérieur *microstalactitique* de calcite.

CONCLUSIONS

Les variations de faciès affectant les sédiments récifaux et subrécifaux de l'atoll soulevé de Lifou, indiqueraient que deux phénomènes diagénétiques ont agi parallèlement et quelquefois successivement : une micritisation calcitique et une dolomitisation. La situation chronologique de ces deux diagénèses est responsable de l'éventail des microfaciès observés, allant d'une biocalcarénite avec persistance d'aragonite, passant à une dolomite à éléments figurés identifiables pour parvenir à une dolomite en réseau, idiotopique et équigranulaire, où toute structure est effacée.

Age de la dolomitisation

Les datations classiques paléontologiques et micro-paléontologiques n'ont pas conduit jusqu'à présent à l'attribution d'une date précise pour les sédiments de Lifou, si ce n'est fin Miocène.

Mais la persistance d'aragonite dans les zones calcaires du lagon et du récif pourrait indiquer que la diagénèse aérienne de ces sédiments est relativement récente, ce qui tendrait à prouver un *soulèvement récent* de l'île en accord d'ailleurs avec la grande fraîcheur de la topographie récifale fossile observée.

Diagenèse dans les zones calcaires

L'étude des zones calcaires nous a montré :

— que le Magnésium part très rapidement (la calcite très magnésienne caractérise donc des sédiments très récents ou du moins peu évolués),

— qu'il y a dissolution de l'aragonite, dont il subsiste un mince liseré micritique autour de l'élément figuré,

— enfin, il n'y a *jamais coexistence, dans un même échantillon entre aragonite et dolomite*, ce qui indique l'instabilité de l'aragonite lorsque les conditions de précipitation de la dolomite sont atteintes.

Une telle diagénèse est à rapporter à une diagénèse subaérienne réalisée en présence d'eau douce.

Diagenèse dans les zones dolomitiques

La dolomitisation rapide sur les sédiments du lagon semble avoir suivi les étapes suivantes qui prolongeraient les précédentes :

— cristallisation de dolomite en lieu et place de l'aragonite (boue et éléments figurés)

— puis dolomitisation des éléments figurés en calcite cryptocristalline

— à laquelle succède plus lentement semble-t-il, la dolomitisation des éléments figurés calcitiques cristallins, et enfin les Corallinacées.

Diagenèse calcitique au contact de la dolomitisation

Les pourtours de la zone méridionale montrent que sans doute la diagénèse calcitique très particulière s'est produite, influencée par les conditions physico-chimiques régnant dans la zone dolomitique voisine.

Dans des zones proches l'une de l'autre, les faciès calcitiques et dolomitiques présentent morphologique-

ment des convergences, bien observables au microscope électronique.

- 1) grande porosité de la roche
- 2) recristallisation totale dans les deux cas
- 3) éléments figurés micritisés quand ils persistent
- 4) reliés par un ciment trabéculaire avec
- 5) des cristaux aux formes cristallographiques nettes (euhédraux) développés dans les deux cas.

Structure	Taille des cristaux	Calcite	Dolomite
Micrite Microcristallin	0,5 μ 10 à 30 μ	Rhomboèdres Prismes courts terminés par Rhomboèdres	Rhomboèdres Rhomboèdres

Par sa proximité et ses convergences avec le faciès dolomitique, cette diagenèse calcitique permet de supposer que des conditions physico-chimiques similaires ont présidé à ces deux diagenèses, conditions qui pouvaient être analogues à un ou quelques paramètres près.

Dans les deux zones que nous avons pu étudier de la muraille récifale apparaît un autre phénomène dolomitique, caractérisé par des liserés à l'intérieur de microgèodes de calcite et de dolomite et quelque-

fois par l'alternance des deux minéraux sur un même cristal (cristal zoné), évoquant des circulations phréatiques.

Les sédiments de la muraille récifale ont donc été soumis à des conditions physico-chimiques variables, fonction elles-mêmes sans doute des variations physico-chimiques du milieu ambiant.

Ce milieu ambiant a pu être une nappe d'eau en liaison avec une lentille souterraine imbibant le matériel récifal. Les alternances dolomite-calcite observées sur les bords des zones dolomitiques, traduisent peut-être les variations des caractères physico-chimiques de ces deux nappes et aussi les battements verticaux auxquels la nappe phréatique a dû être soumise du fait de l'histoire même de l'atoll, que sa position sur une crête basaltique soumet à des mouvements verticaux de grande amplitude, au cours de son histoire récente, mouvements qui s'additionnent ou se soustraient aux variations eustatiques du niveau des mers.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur G. LUCAS qui m'a donné la possibilité de faire ce travail, Monsieur le Professeur R. LAFFITTE, du Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, Messieurs A. PERRODON et B. HOUSSE pour l'aide technique de la Société ELF-RE et Monsieur le Directeur Général de l'ORSTOM qui a bien voulu accueillir mon travail.

Manuscrit reçu au SCD le 5 décembre 1972

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS (J.E.), and RHODES (M.L.), 1960. — Dolomitization by seepage reflexion *Am. Ass. Petroleum Geologists, Bull. Or.*, vol. 44, pp. 1912-1920.
- BARNES (I.) and BACK (W.), 1963. — Dolomite solubility in ground water. *Geol. Soc. Am.*, vol. 67, 1956. Abstracts p. 1699. Survey Research 1963, Art. 160, D. 179, D. 180.
- BATHURST (R.G.C.), 1971. — Carbonates sediments and their diagenesis, Elsevier Publ. Comp.
- BENSON (L.V.) and MATTHEWS (R.K.), 1971. — Electron microprobe studies of magnesium distribution in carbonate cements and recrystallized skeletal grainstones from the Pleistocene of Barbados, West Indies. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 41, n° 4, p. 1018.
- BERNER (R.A.), 1965. — Dolomitization of the Mid-Pacific Atolls, *Science*, 147, 1297-1299.
- BERNER (R.A.), 1971. — Principales of Chemical Sedimentology, McGraw-Hill Book Company.
- BISCHOFF (J.-L.), 1968. — Catalysis, inhibition and calcite-aragonite problem, part. I : the aragonite - calcite transformation. *Am. Jour. Sci.*, v. 266, pp. 65-79.
- BISCHOFF (J.-L.), 1968. — Catalysis, inhibition and the calcite-aragonite problem, part. II : The vaterite-aragonite transformation. *Am. Jour. Sci.*, v. 266, pp. 80-90.
- Dolomitization and Limestone Diagenesis, a symposium, ed. PRAY L.C. and MURRAY R.C., 1965, *Soc. of Econ. Paleont. and Mineral.*, special publication n° 13.
- EVAMY (B.D.) et SHEARMAN (D.J.), 1965. — The development of overgrowth from Echinoderm fragments. *Sedimentology* 5, 211-233.
- EVAMY (B.D.), 1967. — Dedolomitization and development of rhombohedral pores in limestone. *Journ. Sedim. Petrol.* 37, pp. 1204-1215.
- EVAMY (B.D.), 1969. — The precipitational environment and correlation of some calcite cements deduced from artificial staining. *J. Sediment. Petrol.*, 39, 787-793.

- FEIGL (F.), 1958. — Spot Tests in inorganic analysis, Elsevier Publishing Comp., 600 p.
- FLÜGEL (E.), FRANTZ (H.E.), OTT (W.F.), 1968. — Review on Electron Microscope Studies of Limestones, in *Recent developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*. Springer Verlag, pp. 85-97.
- FONTES (J.-C.), KULBICKI (G.) et LETOLLE (R.), 1969. — Les sondages de l'atoll de Mururoa : aperçu géochimique et isotopique de la série carbonatée, *Cahier du Pacifique*, n° 13, pp. 69-74.
- FRIEDMAN (G.M.), 1965. — Terminology of Crystallization Textures and Fabrics in Sedimentary rocks. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 35, n° 3, pp. 643-645, fig. 1.-2.
- FRIEDMAN (G.M.), 1959. — Identification of carbonate minerals by staining method. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 29, pp. 87-97.
- FRIEDMAN (G.M.) and SANDERS (J.E.), 1967. — Origin and occurrence of Dolostones, in *Carbonate Rocks, Developments in Sedimentology 9 A*, Elsevier Publ. Comp.
- FRIEDMAN (G.M.), GEBELEIN (C.D.) et SANDERS (J.E.), 1971. — Micritic envelopes of carbonates grains are not exclusively of photosynthetic algal origin. *Sedimentology* mars 71, vol. 16, n° 1/2, p. 89.
- GINSBURG (R.N.), MARZALEK (D.S.) and SCHNEIDERMAN (N.), 1971. — Ultrastructure of carbonate cements in a Holocene algal reef of Bermuda. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 41, n° 2 1971, pp. 472-483.
- GRAF (D.L.), 1961. — Crystallographic tables for the rhombohedral carbonates : *AM. Mineralogist.*, v 46, pp. 1283-1316.
- GRAF (D.L.) and GOLDSMITH (J.R.), 1946. — Some hydrothermal synthese of dolomite and proto-dolomite. *J. Geol.*, vol. 64, n° 2.
- GOLDSMITH (J.R.), GRAF (D.) and JOENSUU (O.I.), 1955. — The occurrence of magnesian calcites in nature. *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 7, 212-230.
- GOLDSMITH (J.R.) and GRAF (D.L.), 1958. — Structural and compositional variation in some natural dolomites. J.R. GOLDSMITH, *J. Geol.*, 66, 678.
- HSU (K.J.), 1967. — Chemistry of dolomite formation, in *Carbonate rocks. Development in Sedimentology, 9 B*, Elsevier Ed., pp. 169-192.
- JOHANES (W.), PUHAN (D.), 1971. — The Calcite-Aragonite transition Reinvestigated, *Mineral. and Petrol.*, vol. 31, n° 1, p. 28.
- KATZ (A.), 1971. — Zoned dolomite crystals. *J. Geol.*, vol. 79, n° 1, p. 38.
- LAND (L.S.), 1970. — Phreatic versus vadose meteoric diagenesis of limestones : evidence from a fossil water table. *Sedimentology*, 14, 175-185.
- LAND (L.S.) and EPSTEIN (S.), 1970. — Late Pleistocene diagenesis and dolomitization, north Jamaica. *Sedimentology*, 14-(3-4), 187-200.
- LAND (L.S.) and GOREAU (T.F.), 1970. — Submarine lithification of Jamaican reefs. *J. Sediment. Petrol.*, 40, 457-462.
- LAUNAY (J.) et RECY (J.), 1972. — Variations relatives du niveau de la mer et néo-tectonique en Nouvelle-Calédonie au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. *Rev. de Géog. physique et de Géol. dyn.* (2), vol. XIV, fasc. 1, pp. 47-66, 1972.
- LE JAN (F.), 1964. — Etude des roches de l'île de Lifou (Archipel des îles Loyauté, T.O.M.) Dipl. Etud. Sup., Paris, inédit.
- LOREAU (J.-P.), 1972. — Pétrographie de calcaires fins au microscope électronique à balayage : introduction à une classification des micrites. *C.R. Acad. Sci.*, t. 274, n° 6, p. 820.
- MATTHEWS (R.K.), 1967. — Diagenetic fabrics in biosparites from the Pleistocene of Barbados, West Indies. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 37, n° 4, pp. 1147-1153, fig. 1-10.
- MICHARD (A.), 1969. — Les Dolomies, une revue. *Bull. Serv. Carte Géol. Als.-Lorr.*, t. 22, n° 1, pp. 3-92, 38 fig.
- MURRAY (R.C.), 1964. — Preservation of primary structures and fabrics in dolomite, in Imbrie J. and Newell D.N., eds., *Approaches to Paleoecology*, New York, J. Wiley and sons, p. 388-403.
- MULLER (G.), 1970. — Gravitational cement : an indicator for the vadose zone of the subaerial environment. in : BRICKER O.P. (editor) : *Carbonate cements. Johns Hopkins studies in geology*, 19, 166. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Md., 1970.
- NEAL (W.J.), 1969. — Diagenesis and dolomitization of limestone as revealed by staining. *J. Sediment. Petrol.*, n° 3, vol. 39, p. 1040.
- NOEL (D.), 1967. — Etude des roches carbonatées par répliques de surface examinées au microscope électronique. *C.R. Acad. Sci.*, t. 264, p. 544-547.
- SCHLANGER (S.O.), 1963. — Subsurface Geology of Eniwetok Atoll : *US. Geol. Surv. Profess. Papers* 260 BB, pp. 991-1066.
- SCHMALZ (R.F.), 1956. — The Mineralogy of the Funafuty drill cores and its bearing on the physicochemistry of dolomite. *J. Paleontology* 30, pp. 1004-1005.
- STRAKHOV (N.M.), 1968. — Facts and hypothesis concerning the genesis of dolomite rocks. *Izs. Akad. Nauk., S.S.S.R., Sér. Géol.*, 1958(6), 1-18.
- TEOBOROVICH (G.I.), 1946. — On the genesis of the dolomite of sedimentary deposits, *Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R.*, 53, 817-820.
- THRAILKLL (J.), 1968. — Dolomite cave deposits from Carlsbad caverns. *J. Sediment. Petrology*, vol. 38, n° 1, pp. 141-145, fig. 1-3, March. 19.
- WINLAND (H.D.), 1969. — Stability of calcium carbonate polymorphs in warm, shallow seawater. *J. Sedim. Petrol.*, 36, 1579-1587.