Bulletin Station Océanographique de Salammbô (Tunisie)
No 52 — Septembre 1955

Oolithes marines actuelles et Calcaires oolithiques récents sur le rivage africain de la Méditerranée Orientale (Égypte et Sud Tunisien)

par Gabriel Lucas

Dans l'ensemble très homogène dans sa diversité que forme la Méditerranée, le Golfe de Gabès au sens large, ou Petite Syrte, constitue un élément de caractère très spécial. Les marées y sont relativement importantes; la profondeur est faible et uniforme, mis à part les ravins sous-marins ou « oued », accidents locaux dont il ne sera pas question ici; le fond est couvert d'herbiers, constitués par des Zostéracées, mais aussi des Caulerpes et des *Halimeda*, éléments de flore chaude; la faune, avec ses Mollusques et ses Poissons de type mauritanien, témoigne encore d'un climat chaud. Ce régime actuel ne fait que prolonger celui qui existait déjà dans la région, au Quaternaire récent, comme en témoignent notamment l'abondance des Strombes dans le Tyrrhénien de Monastir ou de Djerba.

Récemment, D. Reyre, G. Castany, R. Laffitte et moi-même avons eu l'occasion d'observer, le long de la côte depuis Monastir jusqu'à Tripoli et au-delà, des calcaires oolithiques parfaitement caractérisés, bien que très riches en grains de quartz, ce qui les avait fait désigner du nom de grès. Plus anciennement, et beaucoup plus à l'Est que la Petite Syrte elle-même, R. Laffitte a recueilli, sur la plage de Burg-el-Arab, près d'Alexandrie, un sable formé exclusivement de grosses oolithes calcaires, dont la nature oolithique est certaine, quelle qu'ait pu être l'interprétation qui en a été donnée depuis. Enfin, au cours d'une mission sur le « Serpent de Mer », garde-côte des Travaux Publics de Tunisie, nous avons eu, G. Castany et moi (7), l'occasion de trouver des oolithes calcaires actuelles au large de l'Ile de Djerba (fig. 1 et 2).

Il y a donc là, sur la lisière NE de l'Afrique, entre Gabès et le Nil, une zone particulière où le faciès oolithique est bien

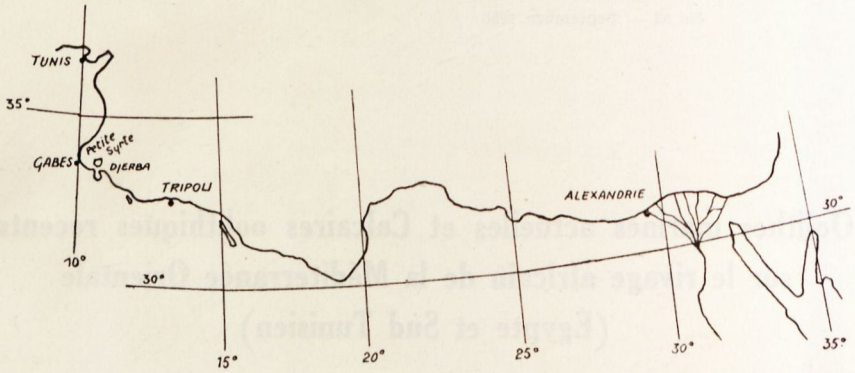


Fig. 1. — Carte du littoral NE de l'Afrique

représenté, tant à l'époque actuelle qu'au Quaternaire; or, on sait que les régions du monde où ont été signalées des oolithes calcaires actuelles ou récentes sont rares : Mer Rouge, Golfe Persique, Bahama, Floride. L'étude des oolithes et de leur environnement dans chacune de ces régions est donc très importante pour la compréhension des dépôts oolithiques anciens, puisque, comme on est en droit de le penser, leurs conditions de genèse sont, dans la nature actuelle, celles même qui ont régi leur formation au cours des époques géologiques.

Nous étudierons d'abord les sables de Burg el Arab, puis ceux de Djerba, ce qui nous donnera des renseignements sur les conditions de genèse; enfin, les calcaires quaternaires, où nous pourrons analyser la formation des ciments et l'évolution tardive des oolithes.

Sables oolithiques calcaires de Burg el Arab (Egypte)

Le sable oolithique calcaire de Burg el Arab, près d'Alexandrie, que j'ai pu étudier, a été prélevé en 1944 par R. Laffitte, alors professeur à l'Université du Caire, qui m'en a aimablement fourni un échantillon. Une partie de celui-ci, confié par moi à L. Dangeard, a été rapidement décrit par lui (1).

Ce sable a été recueilli par 1 m. de fond environ, à 200 m. du rivage, dans les rouleaux de la zone des brisants. L'eau y était fortement laiteuse, blanche. Les grains sont ovoïdes ou subsphériques, blanc crème, brillants; ils ont été étudiés seulement en plaque mince. Une granulométrie, portant sur une plaque mince (50 grains), et basée sur le plus petit diamètre des grains, selon le procédé qui sera décrit plus bas pour Djer-

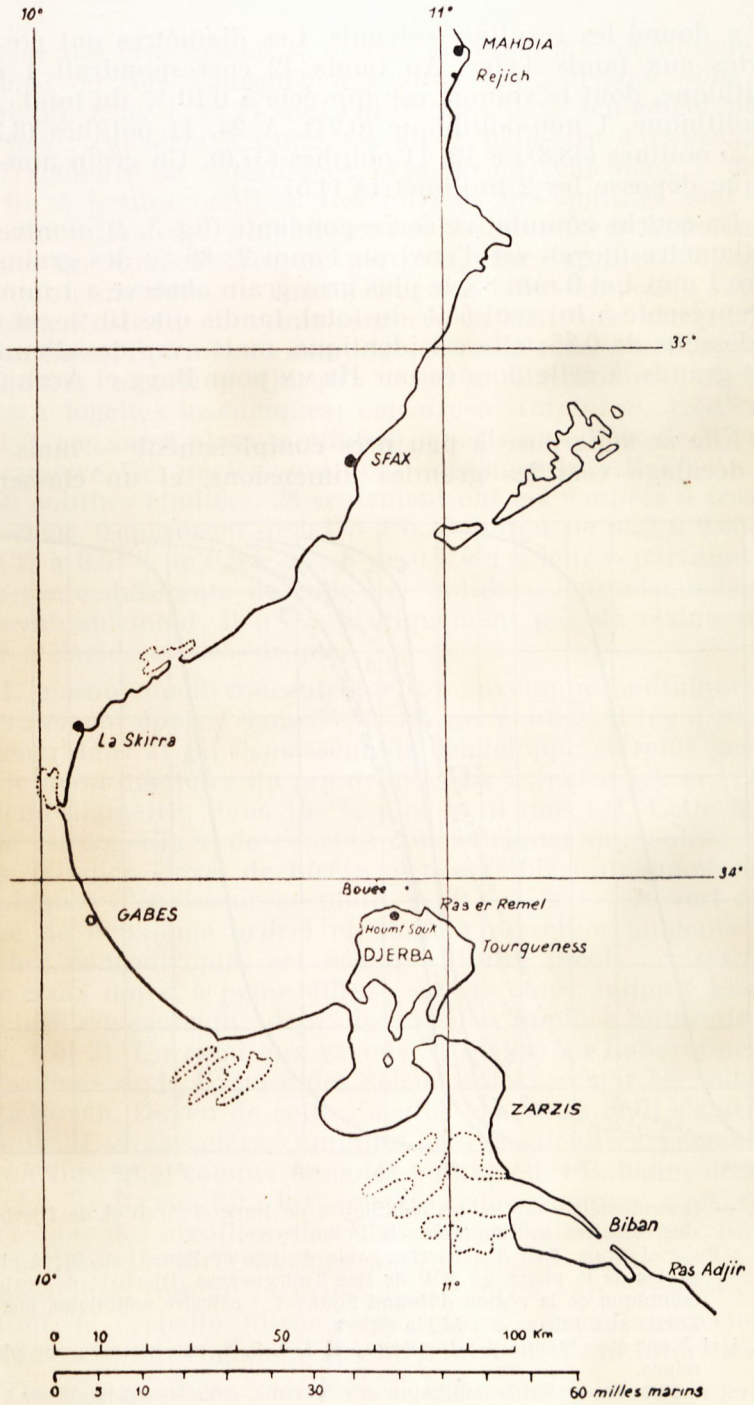


FIG. 2. — Carte de la Petite Syrte. Situation des gisements étudiés

ba, a donné les résultats suivants. Les diamètres ont été rapportés aux tamis Tyler. Au tamis 42 correspondrait 1 grain oolithique, dont le volume est apprécié à 0.10 % du total. A 32, 1 oolithique, 1 non-oolithique (0,24). A 24, 11 oolithes (8,2); à 16, 25 oolithes (48,8); à 12, 11 oolithes (37,6). Un grain non-oolithique dépasse les 2 millimètres (4.57 %).

La courbe cumulative correspondante (fig. 3, *1*) montre que le diamètre moyen est d'environ 1 mm 2; 80 % des grains ont entre 1 mm 4 et 0 mm 85, le plus gros grain observé a 1 mm × 2, et représente à lui seul 5 % du total, tandis que 10 % est situé au-dessous de 0,85; elle est identique, mais avec des diamètres plus grands, à celle donnée par Hilmy pour Burg el Arab (3, p. 114, 2).

Elle se superpose à peu près complètement — mais avec un décalage vers les grandes dimensions, et un classement

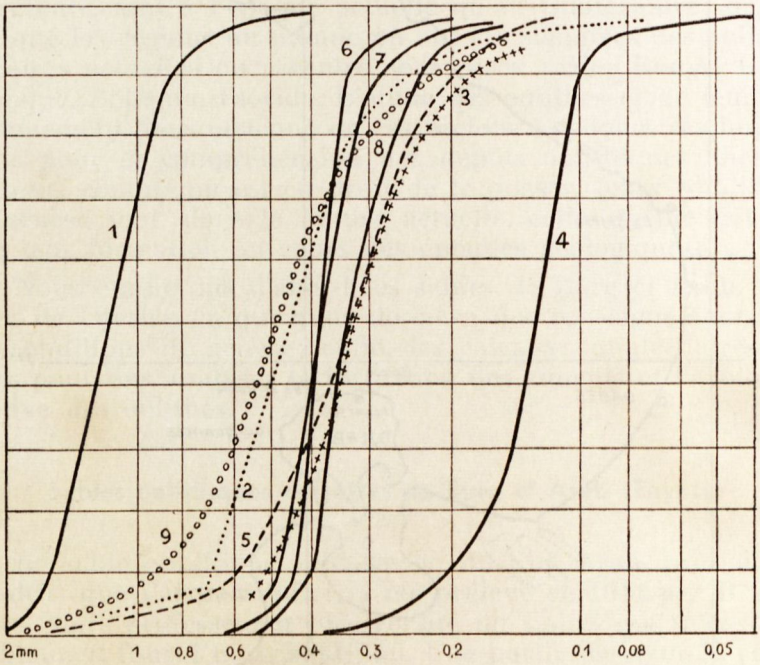


Fig. 3. — Granulométrie des sables oolithiques de Burg el Arab et de Djerba, et des calcaires oolithiques de la Petite Syrte.

1 : Burg el Arab; 2 et 3 : Djerba, sable de Ras er Remel, st. 18; 4 et 5 : sables de la plage, au NW de Ras Tourgueness (Djerba); 6 : calcaire oolithique de la région d'Houmt Souk; 7 : calcaire oolithique, piste de Zarzis aux Biban; 8 : *id.*, la Skirra.

2, 4 et 5 ont été obtenus par tamisage; 1, 3, 6, 7, 8, par mesures sur plaque mince.

9 est une courbe de sable oolithique des Bahama, celle de l'échantillon 41 de L. V. Illing, donnée pour comparaison (2, fig. 5, p. 11).

meilleur des gros grains — à celle du sable non oolithique de la plage de Ras Tourgueness (voir p. 14). Presque tous les grains (Pl. I, fig. 1 et 2) sont oolithiques, 4 % seulement ne le sont pas : calcaires à Lithothamniées, peut-être à *Peysonnellia*, fragments de Corallinées (*Amphiroa*), calcaires à grain très fin à petites oolithes. Les nucleus des oolithes sont des Lithothamniées, des *Amphiroa*, des Foraminifères imperforés, Milioles ou Nubéculaires, ou perforés, des coquilles, engagées plus ou moins dans un ciment calcaire : Gastéropodes, recristallisés en calcite, ou ayant conservé la structure entrecroisée aragonitique; Spirorbes à remplissage de calcaire à petits grains de quartz anguleux (jusqu'à 140); Bryozoaires cheilostomes à logettes losangiques; calcaire à *Amphiroa;* très rarement (1 cas sur 6 plaques minces), quartz anguleux de 0,2 mm de diamètre. Ces nucléus ont des dimensions très diverses : sur les 50 oolithes étudiées, 28 seulement ont été coupées à travers le nucléus. 6 mesurent de 0,175 à 0,25 mm; 1 de 0,25 à 0,35; 10 de 0,35 à 0,5; 3 de 0,5 à 0,7; 8 de 0,7 à 1 : leur répartition est donc toute différente de celle des oolithes, leur origine aussi vraisemblablement. Il n'y a pratiquement pas de résidu insoluble à l'acide chlorhydrique.

L'encroûtement concentrique, ou enveloppe oolithique, est généralement épais : dans 38 % des cas étudiés, il n'y a pas de nucléus; dans 31 %, l'épaisseur de l'enveloppe est plus grande que le demi-diamètre du grain; dans 15 %, entre 1/2 et 1/4 de ce demi-diamètre; dans 16 %, plus petit que 1/4. Cette enveloppe est constituée de couches concentriques de couleur chamois, d'indice élevé, de biréfringence faible (atteignant, dans les plaques d'épaisseur normale — 30 à 35 μ, — le vert ou le jaune de deuxième ordre) et dont la direction tangente aux couches concentriques est négative. Entre nicols croisés, une belle croix noire, à peine diffuse sur les côtés, indique bien la structure concentrique déjà observée en lumière naturelle (pl. I, fig. 1 et 2). Un essai aux rayons X, réalisé au Laboratoire de Minéralogie de la Faculté des Sciences d'Alger par les soins de M. L. Royer, Doyen de cette Faculté, a montré qu'il s'agit d'aragonite. Les caractères optiques très particuliers permettent de conclure que, comme dans les oolithes des Bahama décrites par L. V. Illing (2), les couches concentriques sont constituées par des aiguilles disposées tangentiellement aux limites de l'oolithe. La biréfringence anormalement faible est probablement dûe, comme le pense L. V. Illing, au caractère discontinu, à l'échelle ultramicroscopique, de cette enveloppe, dont les aiguilles englobent probablement de l'eau intersticielle.

De très nombreux terriers d'organismes perforants — Algues ou Champignons — taraudent cette enveloppe d'aragoni-

te, ainsi que l'a noté L. Dangeard (*loc. cit.*). Ce sont de fins filaments parfois bifurqués, droits ou peu arqués, d'environ 2 μ de diamètre, et des tubes plus amples, plus gros, atteignant 20 μ , très irrégulièrement divisés, terminés en cul de sac, et à section circulaire. Parfois, les perforations sont très denses — souvent à une extrémité d'une oolithe — au point qu'on ne distingue plus qu'avec difficulté le fond aragonitique. Dans ce cas, il arrive que l'aragonite ait recristallisé par place en calcite limpide (pl. I, fig. 2, a).

Le caractère oolithique de ces grains de sable ne peut en aucune façon être mis en doute, et je ne peux que m'étonner du fait que M. E. Hilmy (3) ait nié l'existence d'oolithes dans cette région *, et ait considéré ces sables comme faits de grains calcaires provenant de l'intérieur des terres. Peut-être certains grains, et certains nucléus, ont-ils cette origine. Mais il ne peut en être question pour les oolithes, nombreuses, dont le nucléus est fait de fragments coquillers ayant encore leur structure aragonitique entrecroisée, si instable qu'elle est rarement conservée dans des calcaires même géologiquement peu anciens; ce sont donc là des éléments d'origine marine immédiate, et non d'origine continentale.

Sables oolithiques calcaires de Djerba (Sud Tunisien)

Les sables oolithiques actuels de Djerba ont été recueillis dans de grandes taches blanches, rondes, dont le diamètre peut être de l'ordre de la vingtaine de mètres ou plus, reposant sur un herbier à Zosteracées, à Caulerpes et à *Halimeda*, au large d'Houmt Souk, près de la bouée dite de Ras er Remel; celle-ci est située à quelque 5 milles marins (9 km) de la côte, et dans le prolongement de la lagune sableuse de Ras er Remel (le Cap du Sable), qui elle-même continue la longue plage de Tourgueness (fig. 2, p.). La mer y est fréquemment agitée de vagues ou de houles poussées par des vents de NE ou d'Est, qui engendrent un courant portant vers le Nord-Ouest; les courants de marée y sont assez forts, en nappe, portant alternativement vers l'Est (jusant) et vers l'Ouest (flot).

Il a été trouvé des oolithes en trois points : à 1 mille SSW (station 16), 1/4 de mille SSW (st. 17), et 2 milles NE (st. 18) de la bouée de Ras er Remel, soit sur environ 3 milles (5 km

* Les grains arrondis de Burg el Arab seraient, d'après lui, des « pseudo-oolithes », en raison de l'absence ou de la rareté de la structure concentrique. Celle-ci est pourtant évidente, même sur sa photographie A, pl. I (2, p. 119).

500), à respectivement 6 m, 6 m 50 et 13 m de fond. Le sable est peu couvert de végétation, cependant on y rencontre des Caulerpes unies par leurs pseudo-stolons, et des *Halimeda* fixées directement sur le fond, comme il a été possible de le constater sur des échantillons à peine dérangés rapportés par une benne du type « benne Petersen ». Peut-être est-ce une question de saison, et le fond est-il complètement libre de végétation lors des tempêtes d'hiver.

Le sable oolithique le plus typique est celui de la station 18, la plus éloignée de la côte. Là, les oolithes représentent environ 75 % du sédiment total; leurs dimensions vont de 0,18 à 0,7 mm, et elles constituent 90 % des grains compris entre ces limites de taille. De 0,18 à 0,25, 50 % des grains sont oolithiques; de 0,25 à 0,5, la quasi-totalité; de 0,5 à 0,7, environ les 3/4. Les grains non oolithiques (25 % du sédiment total) sont, aux diamètres supérieurs à 2 mm, de petites coquilles entières, des débris de coquilles de Bryozoaires cheilostomes, de Lithothamniées, d'*Halimeda;* entre 2 mm et 0,7, des débris de coquilles et d'*Halimeda;* entre 0,7 et 0,5, les rares grains non oolithiques sont des Foraminifères et des débris de coquilles et d'*Halimeda;* entre 0,5 et 0,25, tout est oolithique; de 0,25 à 0,06, on trouve des débris — notamment d'*Halimeda,* quelques quartz non roulés, et, au-dessous de 0,06, des prismes de *Pinna* — naturellement beaucoup plus longs que cette dimension, qui représente leur diamètre et non leur longueur — et des débris coquilliers et végétaux (Posidonies sans doute).

Les Foraminifères sont les mêmes que ceux trouvés dans les stations voisines, mais, ici, ils sont en très mauvais état, roulés et corrodés.

Après décalcification à l'acide chlorhydrique, le sédiment perd les 3/4 de son poids; le résidu est essentiellement fait de quartz; les grains de plus de 0,7 sont tous ronds-mats, ceux de 0,4 mm ou moins sont émoussés-luisants ou même peu usés. La proportion de résidu insoluble est la même pour toutes les fractions du sédiment.

Les courbes granulométriques du sédiment entier (fig. 3, 2) et du sédiment décalcifié sont presque superposables; les diamètres moyens sont respectivement de 0,45 et 0,35 mm. 80 % du sédiment est compris entre 0,25 et 0,7 mm (sédiment entier), ou 0,2 et 0,6 (sédiment décalcifié) : le classement est donc bon, les indices de classement (Berthois, 4) sont respectivement 0,7 et 0,67; les indices d'asymétrie (Berthois, *id.*) 0 et 0,03 indiquent que le classement des grains très fins et des gros est équivalent, la quantité de ces deux fractions, en poids, étant du reste à peu près la même.

La courbe granulométrique établie par tamisage a été doublée, pour vérification de méthode en vue de l'étude des calcaires oolithiques, d'une courbe basée sur des mesures de diamètres faites en plaque mince, sur 600 grains (fig. 2, 3). Le nombre de grains de diamètre compris entre deux valeurs données a été transformé en volume équivalent, puis en pourcentage de volume — qui ne diffère sûrement que très peu du pourcentage de poids. Les valeurs des diamètres limite ont été choisies de façon à coïncider avec les dimensions des mailles des tamis Tyler.

La courbe ainsi obtenue diffère très peu de la courbe de tamisage. Le diamètre moyen, cependant, est plus faible (0,35 au lieu de 0,48), ce qui est dû à ce que, le diamètre mesuré étant le plus petit diamètre des grains, le volume équivalent s'en trouve systématiquement diminué. Les indices sont les mêmes que ceux obtenus par tamisage. Les grains extrêmes — très gros ou très fins — sont naturellement moins représentés que dans la courbe de tamisage, qui porte sur des milliers de grains au lieu de 600 grains seulement. Cependant, la quasi-identité des caractères statistiques des deux courbes autorise à employer cette méthode de granulométrie sur plaque mince dans les cas où le tamisage est impossible.

L'étude des plaques minces (pl. I, 2 et 3, pl. II, 1) montre, d'après un calcul portant sur plus de 300 grains, que 55 % des grains sont oolithiques, 45 % étant nus. Les grains nus sont des quartz (18 %), des fragments de calcaire (19 %), les uns et les autres généralement de petite taille, des Foraminifères, débris de Mollusques et d'Algues calcaires assez rares, d'Echinodermes rares (8 % environ au total). Sur les 55 % d'oolithes, 27 % ont des nucléus faits de quartz, 28 % faits de calcaires divers. L'épaisseur de l'enveloppe oolithique varie de 40 à 140 ; 25 % des grains ont une enveloppe plus petite que 1/4 du demi-diamètre, 53 % entre le quart et la moitié, 22 % au-dessus de la moitié, atteignant 8/10 du demi-diamètre. Je n'ai pas observé d'oolithe sans nucléus. Le maximum d'épaisseur de l'enveloppe se rencontre dans les grains de diamètre moyen ou supérieur à la moyenne.

Les enveloppes oolithiques ont la même composition et la même apparence que celles des oolithes de Burg el Arab, elles sont aussi faites d'aragonite à faible biréfringence apparente. La structure concentrique est tout aussi évidente. Les perforations d'Algues, analogues à celles de Burg el Arab, sont fréquentes (pl. I, fig. 3 et 4; pl. II, fig. 1). Elles intéressent aussi le test de certains organismes, notamment de grosses Milioles (pl. I, fig. 4). Ici encore, une recristallisation en calcite peut in-

tervenir dans ces zones altérées par l'action des organismes perforants.

Les stations 16 et 17 ont fourni un sable oolithique moins beau que la station 18. Les courbes de fréquence sont différentes entre elles et différentes de celles de la station 18 : celle de 16 est basse et arrondie; 17 a un maximum net et aigu; les cumulatives sont cependant très voisines. Les diamètres moyens (0,31-0,26) sont plus petits que celui de 18 (0,47). Le classement est moins bon : indice Berthois 0,46 et 0,58 au lieu de 0,7. Le maximum très net, en pointe, est un indice d'ablation du matériel fin, ou de dépôt différentiel, abandonnant le matériel grossier, tandis que les fins sont entraînés : dans les deux cas, cela correspond à une certaine constance de l'agitation en ces points.

Les caractères des grains sont les mêmes qu'à la station 18. Les oolithes ont des enveloppes beaucoup moins épaisses, atteignant très rarement, et seulement sur de petits grains, la moitié du demi-diamètre; sur de nombreux grains, les enveloppes sont usées et ont disparu en certains points, laissant apparaître à nu le nucléus, ce qui témoigne d'une usure intense de ces oolithes. Le sédiment compte 55 % (st. 16) et 47 % (st. 17) de matériel insoluble, fait essentiellement de quartz; les courbes granulométriques du sédiment décalcifié sont identiques à celles du sédiment entier.

La faune de Foraminifères, déterminée par Mme G. Glaçon au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences d'Alger, est beaucoup plus belle que celle de la station 18, qui est très usée. Ici, on peut citer *Rheophax* sp., *Nubecularia lucifuga* Defr., *N. cristellaroides* Terq., *N. massutiana* Colom, *Amphisorus hemprichi* Ehrenberg, très abondants; *Peneroplis planatus* (Fichtel et Moll) sous ses trois formes : enroulée, ovale, en éventail, décrites par Colom; *P. pertusus* Forksal, *P.* (*Spirolina*) *ariétinus* (Batsch), fréquentes; *Quinqueloculina disparilis* d'Orb.; *Q.* (*Adelosina*) *duthiersi* Schlumb., *Streblus beccarii* (Linné), moins abondants mais non pas rares. Ces formes seront discutées dans un travail plus complet par Mme G. Glaçon; dès à présent, il est manifeste que c'est une faune de mer chaude très peu profonde, donc parfaitement à sa place en un milieu de genèse d'oolithe.

Il serait bon de pouvoir préciser la nature des taches blanches arrondies que forment ces sables oolithiques sur l'herbier, et qui ont pu être nettement observées du bateau, malgré la mer assez forte, au moment du prélèvement. Elles sont, nous l'avons vu, faites de sable meuble, à peine colonisées par une végétation très lâche. Je n'ai pu les survoler; sur les photo-

graphies aériennes que j'ai eues entre les mains, le fond n'est pas visible. Mais on trouve une structure rappelant nettement celle-ci sur les photographies publiées par L. V. Illing (*loc. cit.*, pl. 7, fig. 4) sur les Bahama; là aussi, on voit des taches blanches, faites de sable meuble reposant sur un fond envahi par une végétation dense. Je pense qu'il s'agit, à Djerba comme aux Bahama, de dunes sous-marines; mais, autant qu'on puisse en juger par les dires des personnes qui ont survolé la région par temps clair et mer calme — ou par le simple examen des cartes marines, il semble bien qu'elles soient beaucoup plus éparses à Djerba. La forme arrondie de ces taches est sans doute le résultat de l'alternance bi-diurne des courants de marée, déformant des dunes qui, en régime unilatéral, seraient peut-être de type barkhane, comme sur la fig. 3 de la planche 7 de L. V. Illing.

Je n'ai pu, non plus, étudier les sables du Ras er Remel, proprement dit, là où la pointe s'avance en mer. Mais j'ai recueilli des sables plus au SE, au milieu de la grande plage entre Ras er Remel et Tourgueness. Deux échantillons, prélevés l'un sur un épi à 100 m. environ au large de la plage, l'autre entre l'épi et la plage, ont donné des sables dont les caractères granulométriques (fig. 3, 4 et 5) sont très voisins de ceux de la station 17, avec des maximums très aigus pour les grains de 90 μ pour un échantillon, de 250 μ pour l'autre, et une lévigation — ou un dépôt différentiel très poussé — ayant éliminé les matériaux très fins. On y note l'existence de quelques très rares oolithes, dont il n'est pas possible de savoir si elles sont autochtones ou remaniées. Ce sable est fait essentiellement de débris de coquilles, de Lithothamniées, de tubes de vers, de Foramifères : *Streblus beccarii* (Linné), Milioles, *Peneroplis;* des morceaux de radioles d'Oursins de rocher (type *Echinus*) au tamis 42, ou de sable (type *Spatangus*) aux tamis 80, 115, 175 : le tableau est le même que celui des stations 16, 17, 18, mis à part les oolithes : c'est un sédiment de plage bien caractérisé.

Conditions de genèse des oolithes de Djerba et de Burg el Arab
Comparaisons avec les Bahama

Quant aux conditions de genèse des oolithes, nous noterons que l'examen de ces deux gisements — Burg el Arab, Ras er Remel — indique des milieux agités — mais non pas, peut-être, très violemment agités — : brisants côtiers sur une plage très plate (1 m pour 200 m) à Burg el Arab, houle fréquente et courants de marée à Raz er Remel. En cela, les milieux d'accu-

mulation des oolithes, qui sont sans doute aussi leurs milieux de genèse, rappellent beaucoup celui décrit par L. V. Illing. Les caractères granulométriques sont très analogues, le triage seulement un peu meilleur à Djerba, comme le montre la fig. 3, où a été rapportée en 9 la courbe de la station 41 de L. V. Illing (Gun Point Chamnel). A Burg el Arab, comme à Bonavista Bay aux Bahama (*loc. cit.*, pp. 67 et 69), ou dans les gîtes de la Mer Rouge, les oolithes se rencontrent près de la côte, à très faible profondeur, et on peut imaginer, avec L. V. Illing, que les changements de température dûs à l'insolation de nappes d'eau très minces est responsable de la précipitation du carbonate. R. Laffitte (communication orale) a remarqué que, lorsqu'il a recueilli ces oolithes, l'eau était laiteuse — preuve de la présence du CO_3Ca en suspension très fine. Précipitation, ou résultat du malaxage d'oolithes, dont beaucoup sont rendues friables par les terriers d'Algues perforantes ? Avec L. V. Illing (p. 44), on peut penser que les deux phénomènes se passent conjointement.

A Ras er Remel, certains caractères rappellent beaucoup les gîtes de Gun Point Channel — ou du banc qui prolonge au S les Ragged Islands. La profondeur est plus grande que dans les gîtes précédemment cités. Des dunes sous-marines recouvrent partiellement le sol d'herbier. L'agitation est grande. L'accumulation se fait en mer ouverte, et, tandis qu'à Gun Point les rapports avec la haute mer sont établis seulement par un étroit chenal, à Djerba comme sur le banc Sud des Ragged Islands, il n'y a pas de limites entre le large et la zone de sédimentation des oolithes. Dans ces deux dernières stations, les distances à la côte sont de même ordre : 5 milles marins à Djerba, 3 aux Ragged Islands. Mais, en ce point des Bahama, la genèse des oolithes, du reste assez peu accentuée puisque les enveloppes aragonitiques sont très minces, est limitée à un banc constitué par une langue sableuse que forment les courants sous le vent de l'île, en bordure de la large zone peu profonde qui borde l'île vers l'Ouest. A Djerba au contraire, si la zone reconnue prolonge une bande sableuse, elle se trouve entièrement au vent de l'île; la genèse des oolithes y est beaucoup plus active, puisque les enveloppes aragonitiques sont beaucoup plus épaisses.

A ce point de vue, le paysage géologique de Djerba, en mer largement ouverte de toute part, évoque de façon plus exacte que ceux dont j'ai pu, par ailleurs, trouver des descriptions, les vastes étendues marines néritiques qui, au Jurassique ou au Carbonifère par exemple, ont vu se produire d'immenses accumulations d'oolithes.

Calcaires oolithiques du Sud tunisien

Les calcaires oolithiques du Quaternaire forment, dans le Golfe de Gabès, depuis Monastir jusqu'à Tripoli et au-delà, une bande longeant la côte, en compagnie de sables de caractère dunaire, de dépôts de plage et d'accumulations coquillières, le tout plus ou moins cimenté. Des déformations récentes ont pu élever ces terrains à une altitude assez grande, ou les abaisser; ils forment de petites falaises, ou des rochers à fleur d'eau ou légèrement immergés. Ils peuvent se diviser en deux séries successives, comme l'a montré G. Castany (5); et des fragments de la série la plus ancienne sont éventuellement repris dans la plus récente; mais il semble bien que ce soient seulement des stades de l'étage tyrrhénien.

Dénommées « grès calcaires » jusqu'à une date récente, certaines des roches qu'on y trouve sont plus exactement des calcaires oolithiques (6). A vrai dire, les nucléus de très nombreuses oolithes sont des grains de quartz, les enveloppes oolithiques quelquefois minces : on se rapproche ainsi, effectivement, de véritables grès. Habituellement, la roche se brise en suivant la limite des grains, mais ce n'est pas une règle absolue. Parfois, la cassure montre une masse compacte percée d'innombrables petites cupules rondes — qui, nous le verrons, correspondent à l'emplacement d'oolithes disparues. On peut y voir des coquilles, conservées telles quelles lorsque la roche est peu cimentée, ou représentées seulement par leur moûle en creux. Les bancs, irrégulièrement puissants, présentent de beaux exemples de stratification entrecroisée.

J'ai étudié des échantillons provenant de la Skirra, au Nord de Gabès; de la région d'Houmt Souk. dans l'île de Djerba; de Rejich, près de Mahdia (recueilli par D. Reyre), et de la piste entre Zarzis et les Biban (recueilli par R. Laffitte) (fig. 2, p. 5).

L'analogie est grande entre ces calcaires et les sables oolithiques actuels de Djerba : il est certain que leurs conditions de genèse sont les mêmes. On retrouve, partout, des oolithes ayant des caractères identiques à celles des sables — elles constituent souvent l'essentiel de la roche. Certaines ont subi des transformations minéralogiques dont il sera question plus loin.

Les essais effectués sur les sables de Djerba (station 18) ayant montré que les granulométries faites sur plaque mince donnent des résultats parfaitement comparables — à la taille près — à ceux obtenus par tamisage, j'ai opéré des mensurations sur cinq plaques minces de calcaires oolithiques : 2 ont porté sur 500 grains, 1 sur 150, 2 sur 100. Les courbes (fig. 3, 6, 7 et 8) sont très voisines : l'indice de classement, peut-être un peu

exagéré, est très fort; les courbes sont identiques à celles obtenues par tamisage sur le plus fin des sables de la plage de Tourgueness, mais pour des diamètres différents : (diamètre moyen = 0,35 et 0,40 mm, au lieu de 0,13); elles sont beaucoup redressées (classement meilleur), à diamètre moyen presque égal, que celle de l'autre sable du même gisement; à part un classement un peu plus poussé, elles sont presque identiques à la courbe représentative du sable oolithique de la station 18.

Les oolithes (pl. III, 1, 2, 3, 4) ont une enveloppe dont les dimensions relatives sont un peu plus faibles que celles observées dans le sable actuel de la station 18. Les mesures, faites sur deux plaques de Djerba, ont porté sur respectivement 160 et 176 mesures. 35 et 43 % des grains ont une enveloppe plus mince que le 1/4 du demi-diamètre, 32 et 38 % entre le 1/4 et la moitié, 14 et 11 % plus de la moitié du demi-diamètre; 16 et 18 % n'ont pas de nucléus. Ce sont les grains de diamètre voisin du diamètre moyen qui ont les auréoles les plus larges, les oolithes sans nucléus ont aussi cette dimension; les grains très petits et les très gros n'ont généralement qu'une auréole très fine : les conclusions sont les mêmes que pour les oolithes actuelles libres de Ras er Remel.

Les nucléus sont généralement faits surtout de quartz : deux mesures sur des plaques différentes ont donné 80 et 65 quartz pour 20 et 25 calcaires; cependant, la plaque mince de Rejich, près de Mahdia, est relativement très pauvre en quartz : 20 % contre 80 % de nucléus calcaires. Les quartz sont habituellement anguleux ou à peine émoussés, rarement ronds, ce qui implique un apport détritique différent de l'apport actuel — fait essentiellement de grains ronds éoliens. Les nucléus non quartzeux sont, soit du calcaire très microcristallin, soit des débris d'organismes (coquilles, radioles d'Oursins de rocher de type *Echinus*, Foraminifères divers). Les grains non oolithiques sont très rares (5 à 15 %, selon les préparations); ce sont des grains de quartz ou de calcaire, identiques aux nucléus.

Le ciment est constitué par des grains de calcite très limpide, généralement assez grands (50 à 80), et non orientés. En quelques plages, ce ciment occupe tout l'espace libre entre les grains (pl. II, fig. 2, 3, 4); assez souvent, il reste un petit espace vide entre les grains (pl. III, fig. 1-2) qui forment au milieu comme une géode, mais on n'observe pas de structure radiaire; le plus souvent, la cimentation est réduite à une mince couche de calcite grenue limpide, enrobant les grains et les unissant entre eux à leurs points de contact (pl. III, fig. 3-4). Plus le ciment est développé, plus l'évolution des oolithes est elle-même avancée, comme nous le verrons.

Un échantillon de Djerba montre, dans une partie de la préparation, un autre type de ciment, fait de calcite beaucoup plus fine, microcristalline, grise, avec seulement par endroits, entre des grains — oolithes ou grains détritiques — très rapprochés, d'étroites lames de calcite limpide de monocristalline. Ce ciment très différent de l'autre pourrait être le fait de la concentration du carbonate de calcium par exsudation près de la surface, un phénomène de « croûte » par conséquent.

Dans ces calcaires oolithiques cimentés, les oolithes ont subi diverses modifications. La transformation la plus fréquente est une simple dissolution, plus ou moins complète, de l'aragonite de l'enveloppe, qui peut disparaître entièrement — et alors, la roche, à l'œil nu, a cette cassure déjà décrite, piquetée de petites cavités rondes, dont chacune tient la place d'une oolithe; en plaque mince, les nucléus sont alors visibles au milieu des cavités (pl. III, fig. 1-2). Parfois, au contraire, les enveloppes sont entièrement remplacées par de la calcite très finement grenue, mais non pas cryptocristalline. Toute trace de structure peut avoir disparu (pl. II, fig. 2); ou bien la structure concentrique reste très visible (pl. II, fig. 3); le cas le plus remarquable que j'aie pu observer est figuré pl. II, fig. 4 : le nucléus, dont la nature primitive est indéterminable, est fait actuellement de belle calcite limpide, finement grenue; l'enveloppe est faite aussi de calcite, beaucoup plus fine, avec une structure radiée très accusée. L'apparence habituelle des oolithes calcaires des roches est ainsi parfaitement réalisée : l'apparition de la structure radiée est donc bien, comme l'a soutenu L. Cayeux (8, 9), un phénomène tardif : elle est ici contemporaine de la transformation de l'aragonite en calcite. Malheureusement, les conditions dans lesquelles cette évolution s'est produite ne nous sont pas connues. Phénomène sous-marin, ou au contraire action chimique des eaux continentales ? De toute façon, elle semble bien liée à la genèse du ciment — et celle-ci, d'après Illing (*loc. cit.*), pourrait bien être continentale. Quoiqu'il en soit, la cœxistence d'oolithes de type récent, aragonitique, à structure concentrique mais non radiée, et de type ancien, calcitique à structure radiée, semble être un fait nouveau fort important; L. Cayeux dans sa magistrale étude (9, pp. 237-243, fig. 58-65 des pl. XV-XVII) des matériaux des Bahama et de Floride que lui avait procurés Th. W. Vaughan, n'avait pu voir qu'une apparition extrêmement fugace de la structure radiée, lors de l'évolution des oolithes d'aragonite.

Ces calcaires oolithiques se présentent tout à fait de la même façon que les « cay rocks » des Bahama. On peut comparer à ce sujet les photographies données par L. V. Illing (*loc. cit.*) et L. Cayeux (*loc. cit.*), et celles figurées ici. En particulier, 4-10

(p. 30) d'Illing rappelle beaucoup mes figures 2-3-4, pl. II; 4-8 et 4-9 sont presque identiques à 1-2-3-4 de la planche III. Les différences essentielles proviennent de la présence, en Tunisie méridionale, de quartz très abondant — alors qu'aux Bahama il n'y en a pas; et encore nous avons vu qu'à Rejich la proportion de quartz est relativement très faible. Les Bahama, isolés en mer, ne peuvent recevoir aucun apport détritique non calcaire; dans le Sud tunisien, le Sahara en est une réserve inépuisable. Mais cela ne masque pas la quasi-identité de ces deux formations : les cay rocks et nos calcaires oolithiques, témoins tous deux de l'existence, dans un passé assez proche, de conditions très analogues à celles qui, dans ces régions, permettent encore actuellement la formation d'oolithes calcaires.

CONCLUSIONS

L'étude de sables oolithiques d'Egypte et de Djerba, et de calcaires oolithiques de la Petite Syrte a permis de mettre en évidence un certain nombre de faits nouveaux, ou tout au moins remarquables.

Du point de vue océanographique, il a été possible de montrer qu'il existe des oolithes actuelles à Djerba, et que celles de Burg el Arab sont bien réellement des oolithes — en accord, du reste, avec les conclusions de L. Dangeard. Ces oolithes prennent naissance en mer chaude, soit sur des plages à pente très faible, soit sur de vastes étendues plates, où les sables oolithiques forment des amas meubles et peut-être mobiles, reposant sur un fond d'herbier; houles et courants de marée doivent jouer un rôle dans leur genèse et leur accumulation.

Quant aux variations climatiques de la région, la constance des conditions océanographiques depuis le Tyrrhénien contraste avec le changement des conditions continentales : les grains de quartz, nus ou ayant servi de nucléus, des calcaires oolithiques sont anguleux et assez mal triés, témoignant d'apports fluviaux importants, donc d'un climat humide; les grains ronds, éoliens, des oolithes actuelles sont en bon accord avec la fréquence des vents de sable et la présence, autour de Djerba, de dunes continentales.

Au point de vue de la géologie générale, j'ai pu apporter une description précise de conditions de genèse d'oolithes qui coïncide bien avec les paysages que suggère l'étude des calcaires oolithiques du Jurassique ou du Carbonifère : vastes

étendues marines, très peu accidentées, très peu profondes, riches en vie végétale, soumises à une agitation constante sinon très violente.

Enfin, pour le pétrographe, la transformation observée des oolithes aragonitiques non radiées en oolithes calcitiques dont certaines sont radiées, apporte un argument de poids à l'opinion qui veut que les oolithes des séries géologiques aient pris naissance à l'état d'aragonite — avant de subir une évolution minéralogique qui leur a donné leurs caractères actuels.

BIBLIOGRAPHIE

1. L. Dangeard. — Oolithes marines actuelles. Comparaisons avec les oolithes marines anciennes. *C. R. XIX^e session Congrès Géol. Intern.*, Alger, 1952. — Section IV, 1953, pp. 79-80.

2. L. V. Illing. — Bahaman calcareous sands. — *Bull. Am. Ass. Pétr. Geol.*, 1954, vol. 38, pp. 1-95.

3. M. E. Hilmy. — Beach sands on the mediterranean coast of Egypt. — *J. of Sed. Petrol.*, 1951, v. 21, pp. 109-120.

4. L. Berthois. — Remarques sur la statistique granulométrique dans l'étude des sables. — *Circulaire du CREO*, nov. 1949.

5. G. Castany. — Donnée nouvelle sur la stratigraphie du Quaternaire de Djerba. — *S. Sc. Nat. de Tunisie*, 1955, t. VIII, pp. 135-145, pl. XXXIII-XXXVI.

6. G. Castany, G. Lucas, D. Reyre. — Le Quaternaire marin de Djerba. Ses calcaires oolithiques. — *S. Sc. Nat. de Tunisie*, 1954, t. VII, pp. 93-106, pl. XVIII.

7. G. Castany, G. Lucas. — Sur l'existence d'oolithes calcaires actuelles au large de l'île de Djerba (Sud Tunisien). — *C. R. somm. S. G. F.*, 1955, p. 229.

8. L. Cayeux. — Origine secondaire de la structure radiée des oolithes marines anciennes. — *C. R. Ac. Sc.*, t. 193, 1931, p. 1368.

9. L. Cayeux. — Roches sédimentaires de France. Roches carbonatées. Paris, Masson, 1935.

PLANCHE I

1. — Plaque mince dans le sable oolithique actuel de Burg el Arab. On aperçoit les nucléus et la structure concentrique de l'enveloppe, ainsi que les perforations de celle-ci. Lumière naturelle, × 25.

2. — *Id.*, nicols croisés. Noter la croix noire, indiquant la disposition régulièrement concentrique de l'aragonite.
a : oolithe à nucléus de calcaire fin, enveloppe riche en perforations, avec îlots recristallisés — taches blanches, en haut, en 2.
b : oolithes à nucléus fait d'un fragment de Lithothamniée.

3. — Plaque mince dans le sable oolithique de la station 18, Ras er Remel. a : fragments d'*Halimeda*. b : Miliole (grossie en 4). c : oolithe à nucléus de calcaire à petits grains de quartz. d : oolithe à grand nucléus fait d'un fragment de coquille de Mollusque, à structure entrecroisée aragonitique. e : Foraminifère perforé, servant de nucléus. f : fragment de Lithothamniée servant de nucléus. Lumière naturelle, × 18.

4. — Détail de 3. a : Miliole montrant les perforations d'Algue ou de Champignon. b : une oolithe perforée. Lumière naturelle, × 65.

PLANCHE II

1. — Plaque mince dans le sable oolithique de la station 18, Ras er Remel.
a : oolithe à nucléus fait d'un morceau de Lithothamniée. b : oolithe montrant des perforations. c : fragment d'*Halimeda*. d : grosse oolithe à nucléus de quartz. e : gros morceau d'une Algue calcaire, Lithothamniée ou *Peysonnellia ?*
Remarquer la structure concentrique de ces oolithes à enveloppe d'aragonite. Lumière naturelle, × 50.

2-3-4. — Plaque mince dans un calcaire oolithique, piste de Zarzis aux Biban. Evolution des oolithes du calcaire.
2 : a, b, c, d, vides représentant d'anciennes oolithes dont la couronne a disparu par dissolution. e : fragment de nacre. f : oolithe à nucléus de calcaire microcristallin, auréole recristallisée en fins cristaux de calcite ayant à peine respecté la structure oolithique.
3 : a, oolithe à nucléus de quartz anguleux; enveloppe recristallisée en calcite, ayant conservé sa structure concentrique. Les autres oolithes visibles ont perdu leur enveloppe.
4 : a, oolithe à nucléus de calcaire finement grenu, auréole mince dissoute. b, oolithe allongée à nucléus de calcaire limpide; l'auréole est recristallisée avec naissance d'une structure radiée très caractéristique. c-d, oolithes à nucléus de quartz, auréole partiellement recristallisée en calcite limpide, irrégulièrement cristallisée.

PLANCHE III

1 et 2. — Calcaire oolithique, piste de Zarzis aux Biban. Dissolution des auréoles d'aragonite, ciment de calcite grenue limpide laissant des vides aux points où les oolithes sont le plus écartées. 1, lumière naturelle; 2, nicols croisés, × 35.

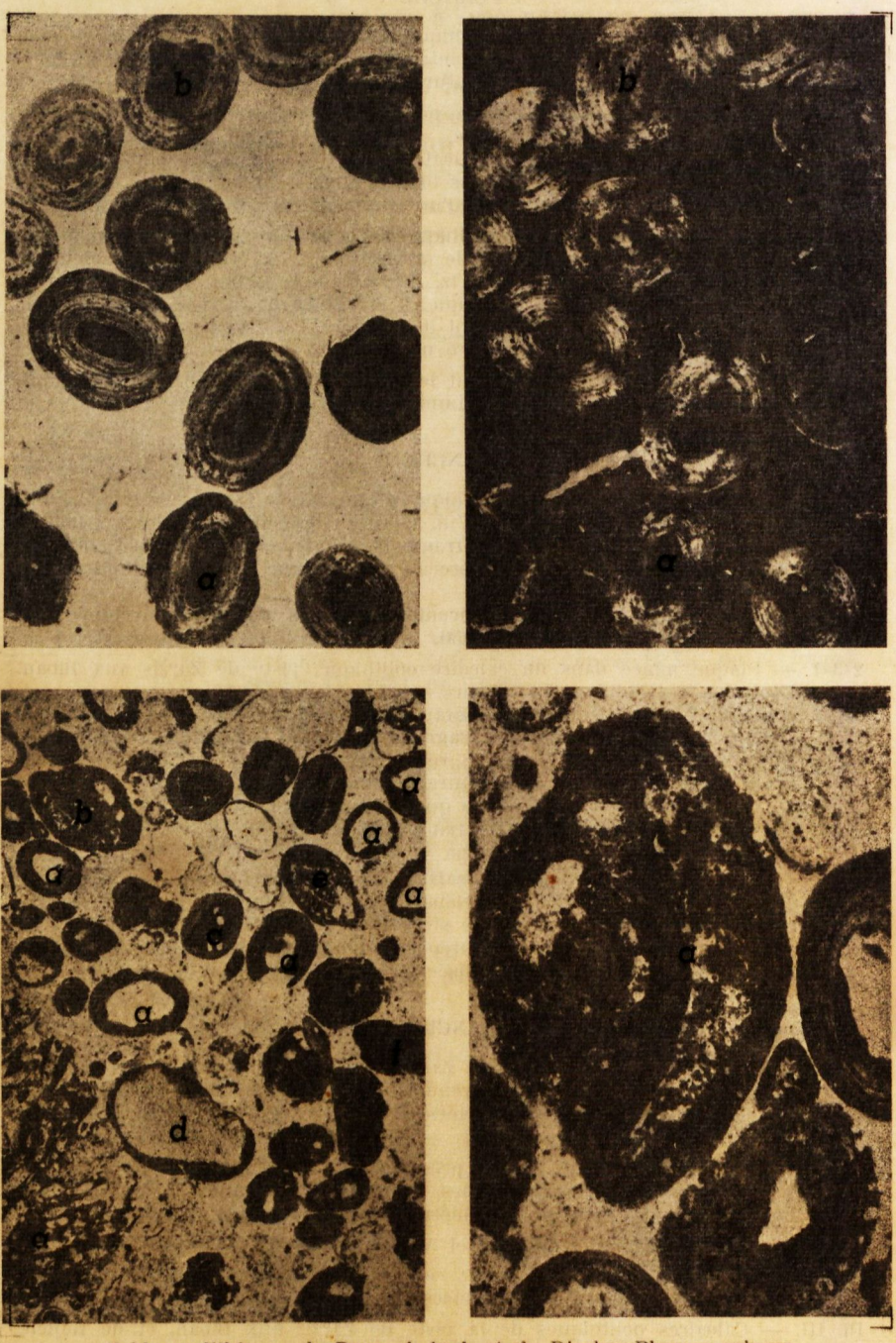
3 et 4. — Calcaire oolithique, Rejich, près Mahdia.
Les auréoles sont presque intactes. Le ciment, très réduit, forme un mince liseré autour des oolithes. 3, lumière naturelle; 4, nicols croisés, × 50.

Pl. I. — Sables oolithiques de Burg el Arab et de Djerba. Plaques minces.

Pl. II. — Sable oolithique de Djerba; calcaire oolithique de la piste de Zarzis aux Bibans. Plaques minces.

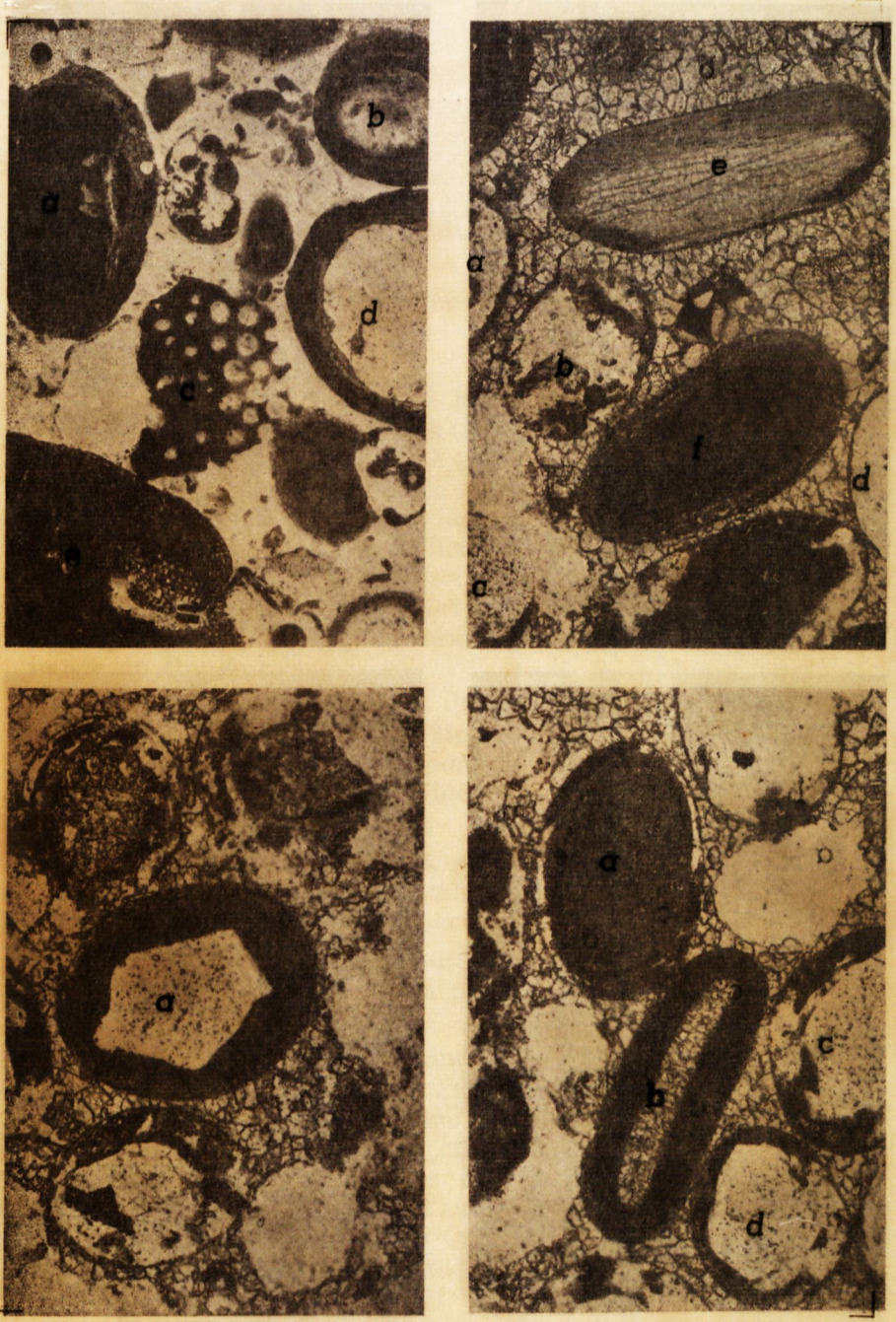
Pl. III. — Calcaires oolithiques de la piste de Zarzis aux Biban, et de Rejich, près Mahdia.

Planche I



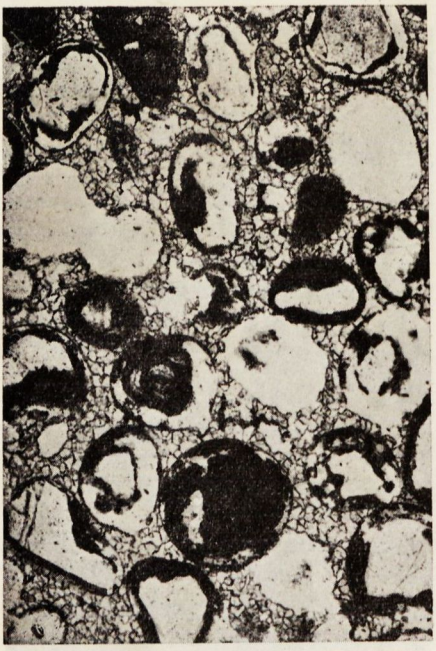
Sables oolithiques de Burg el Arab et de Djerba. Plaques minces

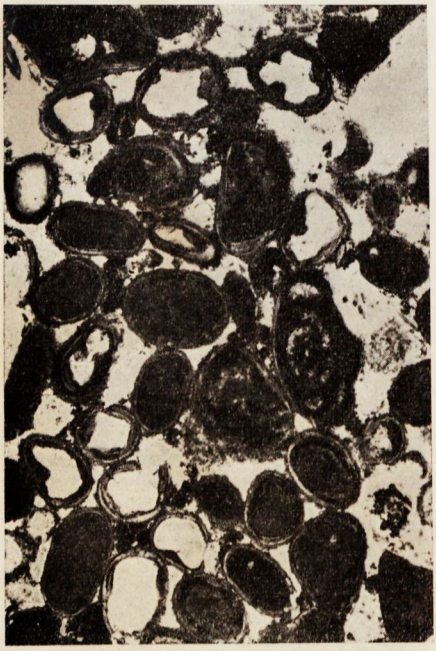
Planche II

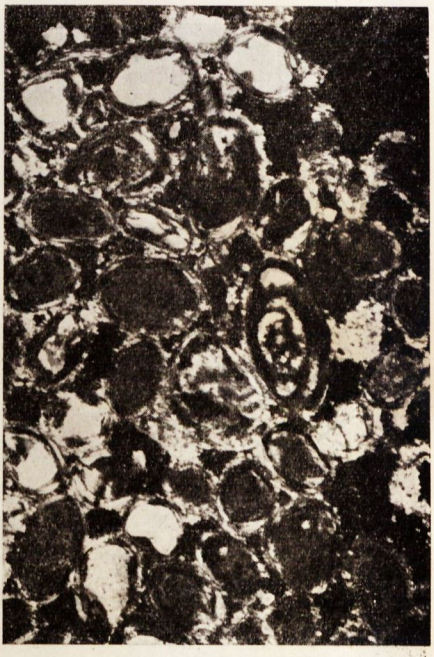


Sable oolithique de Djerba ; calcaire oolithique de la piste de Zarzis aux Bibans
Plaques minces

Planche III







(*Clichés* J. LERICHE)

Calcaires oolithiques de la piste de Zarzis aux Bibans et de Rejich, près Mahdia