

DONNÉES STRATIGRAPHIQUES SUR LE QUATERNAIRE SUPÉRIEUR ET RÉCENT AU NORD-EST DU LAC TCHAD (*)

MICHEL SERVANT

Section Géologie du Centre ORSTOM de Fort-Lamy

RÉSUMÉ

Les régions au nord-est du lac Tchad présentent un intérêt particulier pour l'étude du Quaternaire supérieur et récent. Ce sont des zones qui, se situant au centre du bassin tchadien et à des altitudes assez basses ont pu être le siège d'une accumulation sans hiatus des sédiments pendant les périodes humides. Au contraire quand le climat s'orientait vers une plus grande sécheresse, ces régions localisées au sud des marges désertiques actuelles ont enregistré le déplacement des zones arides en direction de l'équateur.

L'analyse des coupes géologiques, complétée par neuf datations au ^{14}C , fournit les grandes lignes d'une esquisse chronologique provisoire :

— une période lacustre commence vers 30 000 ans B.P. et se termine à une date encore indéterminée. Les dépôts correspondants reposent sur un ancien modelé dunaire ;

— après une phase de remaniement, probablement éolien, une nouvelle période lacustre débute vers 12 000 ou 10 000 ans B.P. et se poursuit jusque vers 2 400 ans. L'évolution verticale des sédiments enregistre les fluctuations complexes de l'ancien plan d'eau : à la transgression des 12 000 ou 10 000 ans succède une régression généralisée non datée ; une deuxième transgression, plus accentuée que la précédente, se manifesterait vers 7 000 ans et atteindrait les plus hautes lignes de rivages connues au Tchad (320 m) vers 5 400 ans B.P. Enfin, une dernière pulsation lacustre submerge seulement les zones les plus basses du Tchad et atteint la cote 260 m vers 3 200 ans B.P.

— après l'assèchement des lacs holocènes, et après une phase de déblaiement dans la branche nord-est du Bahr-El-Ghazal, on observe dans ce dernier une sédimentation surtout alluviale qui commence vers 1 800 ans B.P. et se poursuit jusqu'à une date récente.

Les transgressions se sont exercées sur un paléo-relief où dominent largement les modelés dunaires. Ces derniers, qui constituaient le fond des anciens lacs ont joué un rôle déterminant sur la nature, la géométrie, l'épaisseur et l'altitude des dépôts.

La notion de « lacustre » et « d'interlacustre » est rapidement discutée et la difficulté de traduire, pour l'instant, cette notion en termes climatiques est évoquée.

ABSTRACT

The regions N-E of Lake Chad were particularly interesting for the study of the upper and recent Quaternary. They consisted of zones situated in the centre of the Chad basin at fairly low levels and could

* Note présentée au 6^e Congrès Panafricain de Préhistoire et de l'Etude du Quaternaire, Dakar, 1967.

have been the site of an uninterrupted sedimentation during wet periods. On the other hand, as the climate became drier, these regions, confined to the south of the present desert margins, showed evidence of a movement of the arid zones in the direction of the Equator.

An analysis made of the geological sections supplemented by 9 ^{14}C datings provided the main lines for a provisional chronological survey :

— a lacustrine period began about 30,000 years B.P. ago and ended at a date not yet determined. The corresponding deposits rest upon an ancient dune relief ;

— after a phase of probably eolian changes, a fresh lacustrine period occurred at about 12,000 or 10,000 years B.P. and continued up to 2,400 years. The vertical change in the sediments showed the complex fluctuations of the ancient water level : the transgressions at 12,000 or 10,000 years was followed by a general regression which had not been dated ; a second more permanent transgression was indicated at about 7,000 years and this produced the highest shore lines known in the Chad (320 m) at about 5,400 years B.P. A final lacustrine pulsation submerged only the lowest zones of the Chad reaching a height of 260 m about 3,200 years B.P. ago ;

— after the drying up of the Holocene lakes and following a phase of erosion in the N-E branch of the Bahr-el-Ghazal, there was seen in the latter a sedimentation that was primarily alluvial, that began about 1,800 years B.P. ago and continued up to recent times.

The transgressions took place on a paleorelief consisting largely of dunes. The latter which formed the bottom of ancient lakes played a determining role in the nature, geometry, thickness and altitude of the deposits.

The ideas expressed by « lacustrine » and « interlacustrine » were shortly discussed and the present difficulty of translating these notions into climatic terms was raised.

ZUSAMMENFASSUNG*

Die Gegenden nordöstlich vom Tschadsee haben ein ganz besonderes Interess für die Untersuchung des oberen und jüngeren Quartär. Es handelt sich um Zonen in der Mitte des Tschadbeckens auf ziemlich niedrigen Höhen, welche der Sitz einer ununterbrochenen Ablagerung während der feuchten Perioden waren. Wenn dagegen das Klima zu grösserer Trockenheit umschlug, so haben diese, südlich der augenblicklichen Wüstenzone gelegenen Gegenden die Verlagerung der dürrn Zonen nach dem Äquator zu erlebt.

Die Analyse der geologischen Schnitte, unter Ergänzung durch neun Altersbestimmung mit ^{14}C ergibt die grossen Linien einer vorläufigen chronologischen Skizze :

— die Seenperiode beginnt gegen 30 000 B.P. und geht in einer noch nicht bestimmten Zeit zu Ende. Die entsprechenden Ablagerungen ruhen auf einem alten Dünenprofil ;

— nach einer Phase der Umformung, wahrscheinlich durch den Wind, beginnt eine neue Seenperiode gegen 12 000 oder 10 000 B.P. und dauert bis zum Jahre 2 400 B.P. Die senkrechte Entwicklung der Ablagerungen gibt die komplexen Schwankungen der alten Wasserfläche wieder : nach dem Überlaufen im Jahre 12 000 oder 10 000 folgt eine allgemeine, im Datum unbestimmte Rückbildung : ein zweites Überlaufen ist stärker als das Erste und zeigt sich im Jahre 7 000 angefäh, es werden die höchsten im Tschad bekannten Küstenlinien (320 m) gegen 5 400 B.P. erreicht. Ein letztes Pulsieren des Seenspiegels überschwemmt schliesslich nur noch die tiefsten Zonen des Tschad und erreicht das Mass 260 m gegen 3 200.

* B.P. auf Englisch « before present », bedeutet von heute (jahr 1950).

— nach dem Austrocknen der holozänen Seen und nach einer Phase des Abtrages in dem nordöstlichen Zweig des Bahr-Al-Ghazal, beobachtet man in diesem letzteren eine hauptsächlich alluviale Sedimentation, welche gegen 1 800 beginnt und bis zu einem jüngeren Datum dauert.

Dieses Überlaufen erfolgt auf einem Paleo-Relief, in dem die Dünenform weitgehen überwiegt. Diese Dünen, welche den Grund alter Seen darstellen, haben eine ausschlaggebende Rolle für die Natur, die geometrische Form, die Mächtigkeit und die Höhe der Ablagerungen gespielt.

Die Begriffe von Seenperioden und Zwischenseenperioden werden kurz diskutiert und es wird auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die im Augenblick noch bestehen, um diesen Begriffen eine klimatische Bedeutung zuzuordnen.

РЕЗЮМЕ

Области расположенные на северо-западе от озера Чад представляют особый интерес для изучения верхнего и недавнего четвертичного. В этих зонах, лежащих в центре чадского бассейна, на сравнительно небольших высотах, могло иметь место непрерывное накопление осадков в течении влажных периодов. Напротив, когда климат направлялся к более сухому режиму, через эти местности, на юге от нынешних пустынных зон, происходило перемещение аридных зон по направлению к экватору.

Анализ геологических разрезов, дополненный девятью определениями с помощью С-14, позволил предварительно наметить главные черты хронологической схемы:

— *озерный период начинается около 30 000 лет В Р (1) и кончается в еще точно не определенной эпоху. Соответствующие отложения залегают на древнем рельефе состоящем из дюн;*

— *после фазы вероятно золотого преобразования, начинается новый озерный период около 12 000 или 10 000 лет В Р, который продолжается до приблизительно 2 400 лет В Р. Вертикальное развитие осадков отражает сложные колебания уровня воды: трансгрессия 12 000 или 10 000 лет В Р сопровождается общей не датированной регрессией; вторая трансгрессия, более ярко выраженная чем предыдущая, вероятно возникает около 7 000 лет и достигает высших в Чаде, поскольку нам известно, береговых отметок (320 м) около 5 400 лет В Р. Наконец, последняя озерная пульсация затопляет лишь самые низкие зоны Чада и достигает отметки равной 260 м около 3 200 лет В Р — после осушения голоценовых озер и фазы выемки в северо-западной ветви Бар-Ель-Газала, в последнем наблюдается осаднение, главным образом аллювиального порядка, которое начинается около 1 800 лет В Р и продолжается до недавнего времени.*

Трансгрессии произошли на палео-рельефе отличающемся преобладанием дюн. Последние, которые составляли дно древних озер, имели существенное влияние на природу, геометрию, мощность и высоту отложений.

Кратко обсуждаются понятия « озерные » и « межозерные », и отмечается затруднение в попытках выразить их в климатических терминах.

INTRODUCTION

Deux types de formations sédimentaires dominent largement dans le Quaternaire supérieur des régions au nord-est du lac Tchad : les formations lacustres et les formations sableuses, éoliennes. Ceci est probablement une conséquence directe de la localisation géographique et topographique de ces régions : se situant vers le centre du bassin tchadien et à des altitudes relativement basses (270-340 m environ), elles ont pu facilement collecter les eaux au cours des périodes humides du Quaternaire et permettre ainsi l'extension d'anciens lacs. En outre, elles s'étendent entre le 13° et le 16° parallèle en zone sahélienne et

(1) В Р : англ. before present, — исходная точка для датации с помощью С-14 — 1950-й год.

elles ont pu être en quelque sorte « balayées », pendant les époques arides, par le déplacement vers le sud des marges désertiques localisées actuellement vers le 16° de latitude nord. Ceci apparaît clairement dans la morphologie (fig. 1) que caractérise l'existence d'un erg fixé (*l'erg du Kanem*), immense, orienté sensiblement NW - SE : les dunes sont encore très nettes jusqu'au 13° parallèle (*). Le modelé éolien se révèle assez complexe dans le détail et cette complexité est liée en particulier aux variations d'amplitude ou de longueur d'onde des cordons dunaires ; elle résulte également des remaniements qui ont pu s'exercer sur le paysage : c'est ainsi que l'on observe des aplanissements locaux, un nivellement des hauts-de-dunes, une « rubéfaction » plus ou moins intense des sables, etc. Finalement il se produit de nombreuses différenciations régionales qui individualisent de véritables provinces morphologiques (fig. 1).

L'une de ces provinces, située au nord-ouest de la zone étudiée, mérite d'être nettement séparée : il s'agit d'un massif dunaire compact, *le Manga*, où les dépressions sont très profondes (plus de 60 m) et souvent en forme de cuvettes ; les pentes sont entaillées par des ravins de plusieurs mètres : les altitudes maximales excèdent 350 m et les sables sont, au sommet des dunes, très fortement colorés en brun rouge.

Sur sa bordure nord, l'erg du Kanem passe à un plateau sableux qui, globalement, s'affaisse vers le Djourab et les Bas-Pays où les cotes descendent en dessous de 200 m. Entre l'erg et les plateaux existent des paysages de transition ; ce sont des étendues sableuses, d'un aspect souvent confus sur le terrain, où les dépressions peu marquées dessinent un réseau vaguement réticulé, les directions NW - SE étant en général dominantes. Il existe des modelés de ce type en enclaves à l'intérieur même des zones dunaires et ces enclaves sont orientées NE - SW.

Du Manga à l'ouest au Batha à l'est, le profil topographique de la région étudiée se montre déprimé au niveau d'une vallée fossile : le Bahr-el-Ghazal. Cette vallée descend, avec une pente très faible, vers les Bas-Pays au nord du Tchad, sa direction SW-NE, presque rectiligne, est parallèle à une ligne d'anomalies positives décelée par la géophysique (LOUIS, 1963). A la hauteur de l'erg fixé du Kanem, la vallée est encombrée par des dunes plus ou moins isolées qui ont dû contrarier l'écoulement récent des eaux vers le nord-est.

Dès les premières reconnaissances géologiques, les auteurs ont été frappés par la présence de dépôts lacustres localisés entre les cordons dunaires d'où la notion d'un paléo-Tchad dont l'extension se serait produite très loin vers le nord dans les régions maintenant désertiques (TILHO, 1909, GARDES, 1910, FREYDENBERG, 1908).

En 1959, BARBEAU propose une esquisse stratigraphique qui, pour le Quaternaire supérieur, s'appuie essentiellement sur l'identification d'anciennes lignes de rivages dont les plus basses seraient les plus récentes. En 1967, SCHNEIDER remanie et précise les données précédentes et propose un schéma dont les grandes lignes sont les suivantes : après une époque aride, dont témoignent les dunes fixées, une période humide provoque la formation d'un lac immense qui, après avoir atteint son extension maximum, régresse en trois étapes successives abandonnant derrière lui trois rivages principaux : le plus haut, situé vers 320 m est daté de 5 400 ans BP, le suivant à 300 m à un âge de 4 400 ans BP et le plus récent est localisé vers 286 m.

Les pédologues de L'ORSTOM, au Tchad, comme au Niger et au Nord-Cameroun, ont mis en évidence le rôle des variations climatiques dans le façonnement des paysages (anciens cordons péri-lacustres, corps deltaïques fossiles, ergs maintenant fixés...). L'analyse de ces paysages, associée à la cartographie des sols et à l'étude des sédiments permet à PIAS (1967) de proposer une chronologie des dépôts quaternaires pour l'ensemble du Tchad : plusieurs phases de remaniement par le vent alternent avec des périodes de sédimentation dans des lacs dont les rivages se situent, du plus ancien au plus récent, aux cotes 400, 320 et 287 m. Pour SIEFFERMANN (1967) l'altitude décroissante de ces rivages, d'une période humide à la suivante, ne traduit pas une pluviométrie moindre mais un abaissement du seuil qui sépare le bassin Tchadien de la Bénoué où des quantités d'eau importantes ont pu se déverser.

(1) Au Cameroun on connaît des modelés dunaires jusqu'aux abords du 10° parallèle (SIEFFERMANN, 1967).

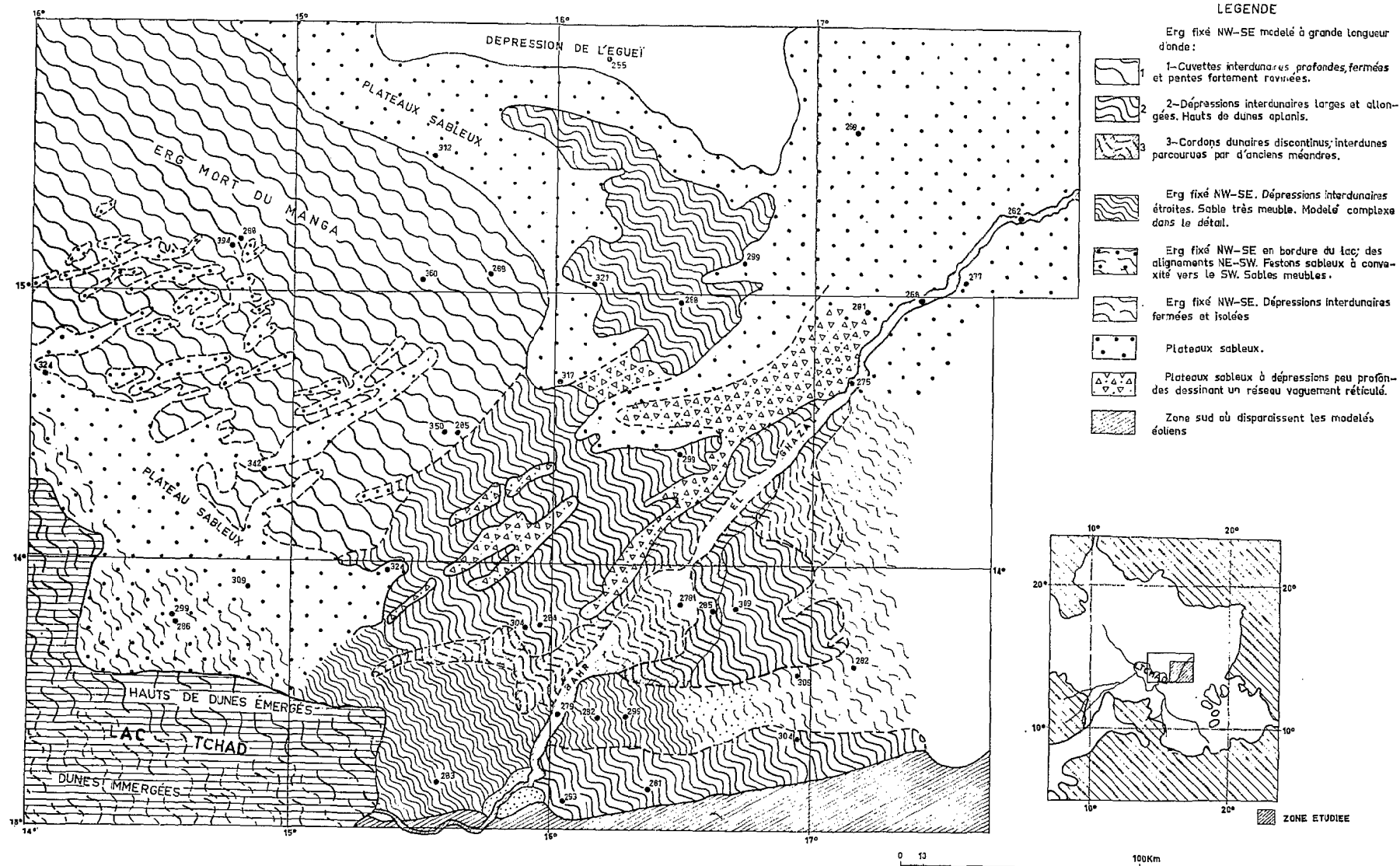


FIG. 1. — Esquisse morphologique.

Compte tenu des travaux précédents, une nouvelle contribution à l'étude du Quaternaire devait s'attacher surtout à l'étude des sédiments et de leur évolution verticale. Mais les dépôts se révélant assez complexes il devenait nécessaire de leur consacrer une observation minutieuse qui n'est pas achevée à l'heure actuelle. Aussi, cette communication évoquera-t-elle autant les problèmes stratigraphiques en suspens que les faits maintenant acquis. Les données les plus sûres, étayées par quelques datations absolues dont le nombre est encore insuffisant, concernent les formations holocènes et c'est pourquoi elles seront abordées en premier lieu.

LE QUATERNAIRE RÉCENT (HOLOCÈNE)

Les formations lacustres (12 000 - 2 400 ans BP)

Les séries interdunaires dans l'erg du Kanem

Le fond des interdunes (fig. 3) est colmaté par une formation lacustre, où dominent les faciès limoneux, les marnes à Ostracodes et les argiles à Diatomées. Cette formation que nous appellerons : *série de Labdé*, atteint communément une dizaine de mètres d'épaisseur. Elle n'a pratiquement subi aucune érosion depuis son dépôt, de telle sorte qu'elle n'existe presque jamais à l'affleurement. Nous l'avons étudiée principalement dans les puits que creusent chaque année les pasteurs nomades.

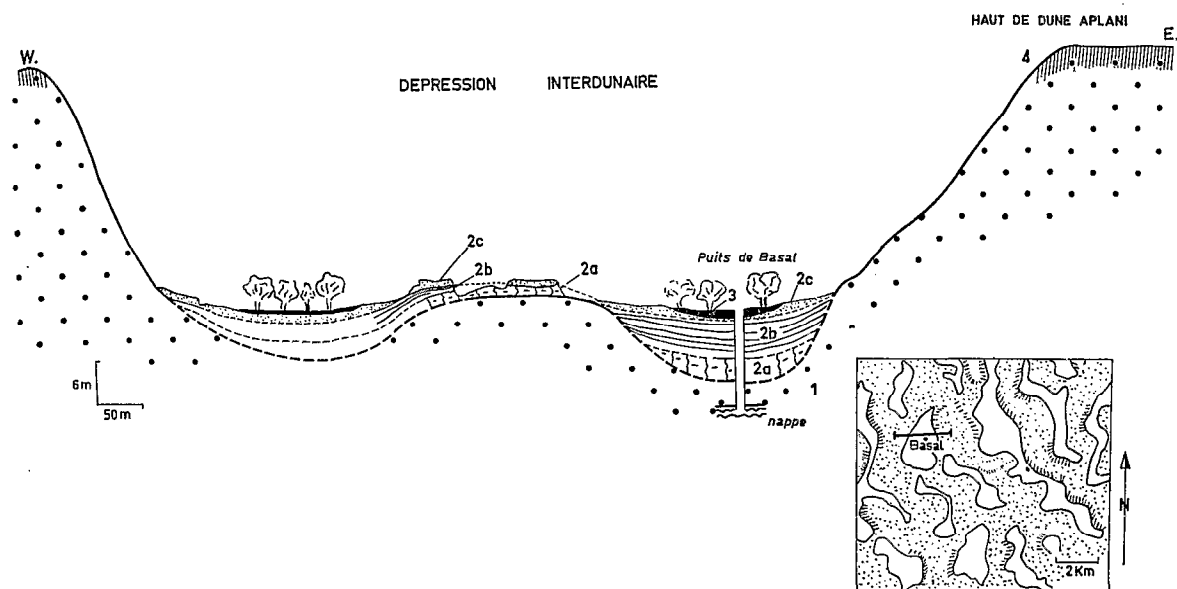


FIG. 3. — Coupes transversales dans une dépression interdunaire : 1. sable éolien ; 2. série lacustre de Labdé (2a. séquence 1 ; 2b. séquence 2 ; 2c. courbes terminales de la séquence 2) ; 3. argiles fissurées ; 4. sable brun-rouge.

Les extensions lacustres que matérialise la *série de Labdé* se sont exercées sur un paléo-relief dunaire, aux formes encore accentuées et situées à des altitudes variables, plus basses vers le Bahr-El-Ghazal, plus hautes aux abords du Manga à l'ouest ou du Batha à l'est. On comprend ainsi que les dépôts puissent, tout en étant contemporains, être localisés à des cotes différentes (fig. 4).

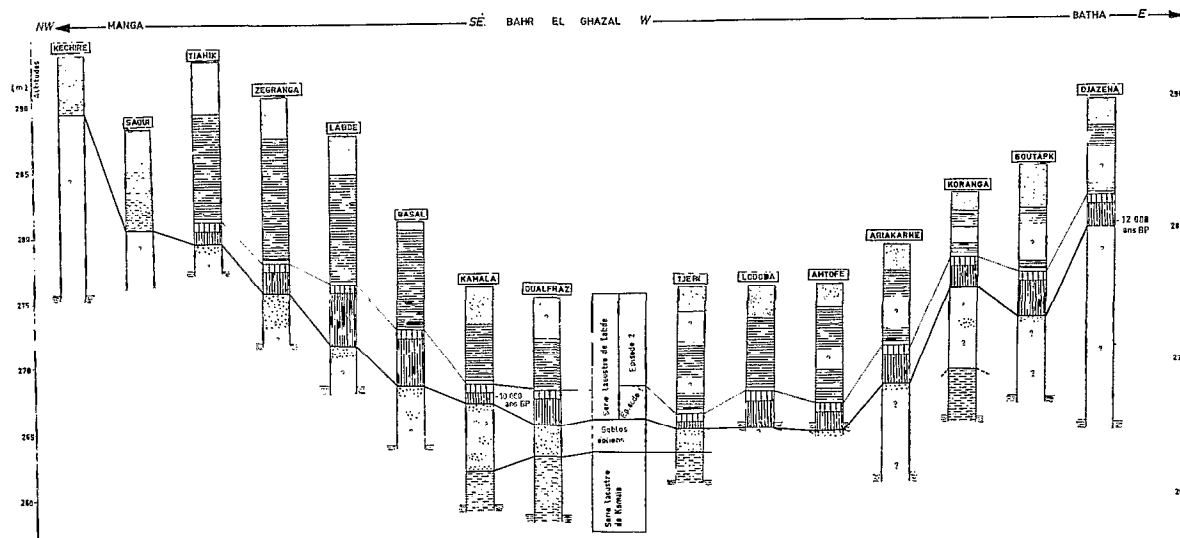


FIG. 4. — Séries des interdunes du Kanem ; transversale Manga-Gatha (~ 300 km).

Trois datations absolues ont permis de situer chronologiquement la base et le sommet de la série interdunaire :

— A Kamala, près du Bahr-El-Ghazal, une couche à *Melania* localisée à 45 cm au-dessus de la limite inférieure de la formation se voit attribuer un âge de $10\,100 \pm 230$ ans BP (échantillon n° 826, Gif. 801) ; cette couche située juste au-dessus d'un niveau à Characées, s'est probablement déposée en eau peu profonde. Dans le puits de Djazéna, à 150 km à l'E-SE de Kamala, des tests de *Bulinus* et de *Biomphalaria*, prélevés à 40 cm au-dessus du mur, sont plus anciens : $12\,060 \pm 350$ ans BP (échantillon n° 1055, Gif. 847).

— A Ebeta, un tuf calcaire à *Phragmites* couronne la série interdunaire. Son âge est de $2\,450 \pm 110$ ans (échantillon n° 485, Gif. 797).

Ces résultats permettent de supposer avec vraisemblance que la sédimentation lacustre s'est poursuivie pendant une dizaine de millénaires de 12 000 ou 10 000 ans à 2 400 ans environ avant nos jours avec une vitesse moyenne et théorique de 10 cm par siècle.

Cependant, l'évolution verticale des dépôts montre, sans ambiguïté, que cette sédimentation n'a pas été continue et qu'elle a connu des variations importantes liées aux fluctuations de niveau du lac holocène : elle se subdivise en deux séquences successives. Ce fait peut être illustré par la description d'une coupe-type relevée à Labdé ; la succession observée est la suivante (fig. 5) :

[Séquence 2 récente]

- 9 - 0,80 m Limon gréseux et calcaire, gris, à Gastropodes rares.
- 8 - 1 m Sable limoneux blanc un peu calcaire.
- 7 - 2,50 m Deux séquences successives comprenant chacune la succession limon - limon calcaire à Roseaux - calcaire en dalles discontinues.
- 6 - 2,50 m Limon argileux brun.

- 5 - 8,20 m Banc massif et lité de diatomites argileuses blanches avec au mur, une argile calcaire pauvre en Diatomées et, au toit, une argile grumeleuse passant progressivement au limon sus-jacent.
- 4 - 0,40 m Marne blanche à Ostracodes et Oogones de Characées. Limite inférieure nette.

[Séquence 1 ancienne]

- 3 - 0,80 m Sable franc, éolien, azoïque.
- 2 - 3,70 m Banc en relief d'un limon calcaire blanc. Dans la partie moyenne : faibles teneurs en CO_3Ca mais Diatomées assez abondantes ; au mur : nodules siliceux.

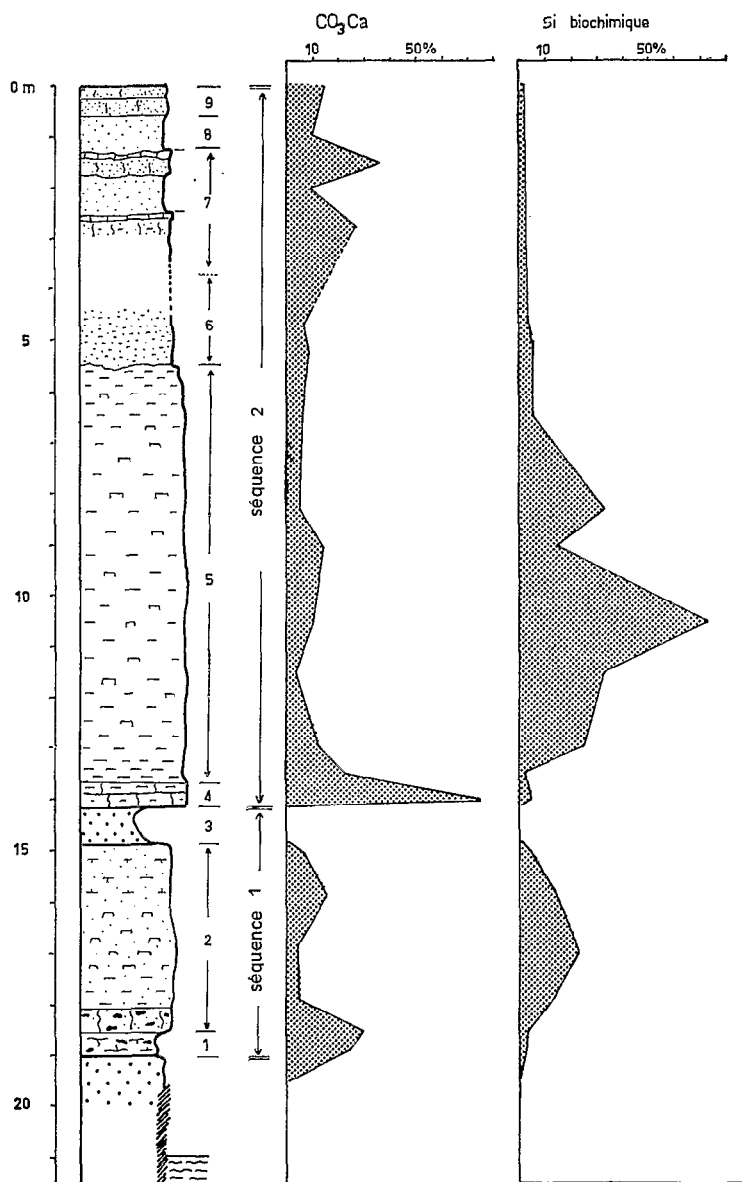


FIG. 5. — Coupe de Labdé.

1 - 0,40 m Marnes limoneuses brun-clair à Ostracodes et Gastropodes peu nombreux ; débris végétaux ; nodules siliceux.

La série repose sur un sable éolien.

L'évolution des faciès décelée à Labdé et, en particulier, l'existence de deux séquences sédimentaires ont été retrouvées dans toutes les autres coupes étudiées (une centaine réparties sur 40 000 km² environ). Ceci témoigne que la sédimentation dans chaque interdune, même isolée en apparence, enregistre les variations d'un facteur général, probablement climatique, s'exerçant en même temps sur le réceptacle lacustre et sur les provinces émergées. Finalement, il est possible de définir, au sein de la formation, une lithostratigraphie détaillée. ses grandes lignes sont les suivantes (fig. 6) :

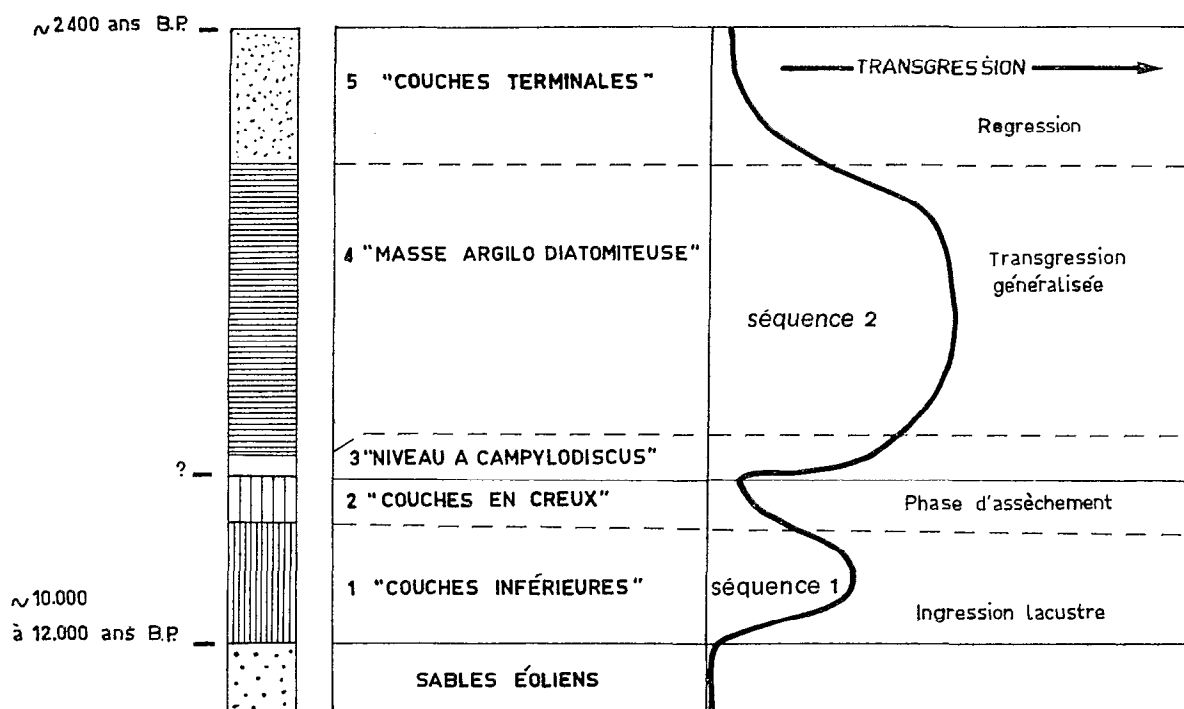


FIG. 6. — La série de Labdé : principaux niveaux lithostratigraphiques.

[Séquence 2 récente]

5 — « *Les couches terminales* » sont d'une épaisseur variable et elles sont parfois un peu érodées. Leur texture, à dominante limoneuse, n'exclut pas la présence d'argiles ou de sables, ces derniers remaniés à partir des dunes. Les fractions siliceuses (Diatomées) jouent un rôle négligeable et le calcaire apparaît sporadiquement ou localement en nodules, en dalles ou dans des tufs à végétaux.

De même les hydroxydes de fer qui, dans certaines coupes, s'individualisent en nodules ou marbrures. Les organismes : Gastropodes, Ostracodes, Characées existent parfois mais ne sont jamais abondants. Ces faciès matérialisent le recul des conditions lacustres : il est possible qu'une fluctuation mineure apparaisse dans le mouvement régressif : en effet, à Basal (fig. 3), les couches terminales sont discordantes sur les dépôts plus anciens.

4 — « *La masse argilo-diatomiteuse* » présente une épaisseur assez grande et un aspect massif avec litages souvent bien marqués ; vers la base, les faciès sont fréquemment rubanés par alternance de lits sombres et de lits clairs (couches « varvées »). Les sédiments sont argileux ou siliceux (Diatomées) avec tous les intermédiaires possibles. La matière organique peut jouer un rôle non négligeable surtout dans la partie inférieure qui dégage parfois une odeur fétide. Les Diatomées forment

de longues chaînes parallèles à la stratification et le ciment phylliteux est lui-même très nettement orienté. Les Mollusques et les Ostracodes n'existent pas dans ces couches (sauf dans les coupes localisées à l'est près du Batha).

3 — « *Le niveau à *Campylodiscus** » peu épais (quelques centimètres) présente une couleur très claire qui tranche sur les parois des puits : il correspond le plus souvent à une brusque augmentation des teneurs en CaCO_3 . Fossilifère, il peut renfermer des Ostracodes, des Characées et surtout de grandes Diatomées benthiques, les *Campylodiscus*.

[Séquence 1 ancienne]

Elle est moins épaisse que la précédente.

2 — « *Les couches en creux* » forment rentrant sur les parois des puits car elles sont meubles. Les faciès, assez variés, sont caractérisés par une augmentation des teneurs en sables et limons et sont pauvres en Diatomées ; ils renferment localement des Mollusques, des Ostracodes ou des Characées, mais ces organismes restent peu nombreux. Les sédiments évoquent des conditions marécageuses : ils recèlent localement des tiges silicifiées de Phragmites et peuvent présenter une structure spongieuse avec tubulures due à la pénétration de racines : on a rencontré des rhomboèdres de calcite qui ont pu cristalliser au cours d'une période d'assèchement. Dans de nombreuses coupes, la texture devient franchement sableuse : les quartz grossiers et éoliens sont remaniés à partir des dunes. Enfin les couches en creux peuvent présenter des figures de ravinements, de remaniements ou des fentes de dessiccation.

1 — « *Les couches inférieures* » correspondent à des teneurs relativement fortes en CaCO_3 ; la silice biochimique peut participer de manière variable à la composition des sédiments et préférentiellement dans la partie moyenne. Les niveaux riches en Ostracodes et parfois en Mollusques et Characées sont fréquents surtout à la base. L'aspect général des couches est souvent très complexe et parfois compliqué par de petites figures de slumping. Les structures sont amygdaloïdes, litées ou compactes et plus rarement rubanées. La présence de lits ou de nodules siliceux est fréquente et constitue l'une des caractéristiques importantes de ces couches. Le contact avec les sables éoliens sous-jacents est net et sans figures sédimentaires particulières.

La série de Labdé fournit un matériel simple et facilement accessible pour reconstituer l'histoire des lacs holocènes ; elle fait actuellement l'objet d'études détaillées qui intéressent la sédimentologie, la géochimie, les Pollens (MALEY) et les Diatomées (S. SERVANT, 1967). Du point de vue chronologique il sera possible de jalonner la colonne sédimentaire de plusieurs analyses du ^{14}C . Pour le moment, seuls le sommet et la base de la formation sont datés (*).

Les diatomites récentes dans la branche nord-est du Bahr-El-Ghazal

Les couches lacustres existent à l'affleurement dans le Bahr-El-Ghazal entre Salal et Koro-Toro (fig. 7). Elles comprennent surtout des diatomites associées à des limons ou à des calcaires et nous les désignons sous le terme global de *diatomites récentes*. Erodées après leur dépôt, elles ne subsistent actuellement que sous forme de lambeaux peu nombreux et d'extension restreinte, localisés sur les pentes ou de part et d'autre de la vallée.

Comme la série de Labdé dont elles sont contemporaines, les *diatomites récentes* se sont déposées sur un relief pré-existant dont elles peuvent mouler les moindres irrégularités, ce qui explique qu'elles soient parfois affectées de pendages sédimentaires ou de brèches de « slumping ». Dans le Bahr-El-Ghazal (fig. 8), elles viennent s'appuyer directement ou par l'intermédiaire d'un sable éolien, sur l'incision plus ancienne de la vallée. Cette incision recoupe une séquence lacustre très épaisse dont le sommet est daté du Villafranchien (COPPENS, 1960). On voit ainsi que le Bahr-El-Ghazal s'est individualisé après le Villafranchien et que sa phase principale de creusement est antérieure à l'Holocène.

La situation morphologique des *diatomites récentes* permet de les reconnaître facilement. Mais elles ne sont pas homogènes du point de vue lithologique : nous y distinguons actuellement trois groupes de faciès qui ne sont certainement pas synchrones. Nous pensons que ces diatomites matérialisent plusieurs épisodes lacustres successifs.

(1) Note ajoutée en cours d'impression. De nouveaux âges radiométriques ont été obtenus depuis la rédaction de cette note : le niveau à *Campylodiscus* a été daté de $9\,610 \pm 155$ ans BP à Kamala.

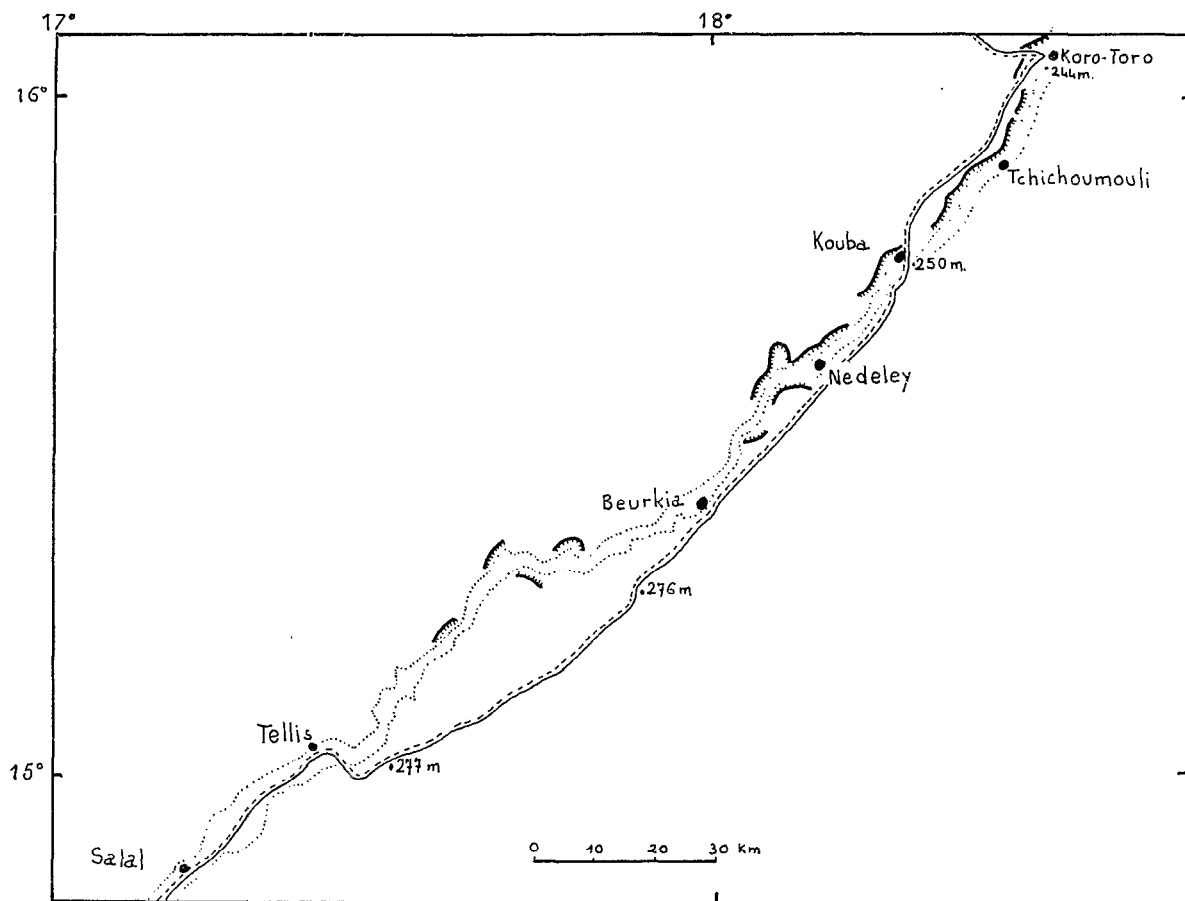


FIG. 7. — Le Bahr-El-Ghazal de Sahal à Koro Toro (localisation des principales coupes).

Une description sommaire des coupes les plus représentatives permettra de préciser cette notion d'une hétérogénéité stratigraphique des *diatomites récentes*.

[*Les couches de Nedeley*]

Au sud-est du puits de Nedeley on observe, à côté des diatomites inclinées (représentées fig. 8), des lambeaux de couches limniques où la succession est la suivante :

- 6 - 0,05 m Croûte calcaire noduleuse.
- 5 - 1,50 m Limon calcaire blanc à Diatomées, Ostracodes et *Phragmites*.
- 4 - 0,20 m Calcaire limoneux et diatomitique à Ostracodes et débris végétaux.
- 3 - 0,50 m Limons calcaires à Ostracodes. *Phragmites* et ossements de poissons.
- 2 - 0,40 m Sable éolien.
- 1 - 0,00 m Argiles gypseuses et diatomites du Plio-Quaternaire ancien.

Les couches de Nedeley semblent bien matérialiser un cycle lacustre complet et elles sont caractérisées par la prépondérance des faciès calcaires et par l'abondance des Ostracodes et des Végétaux. Ceci

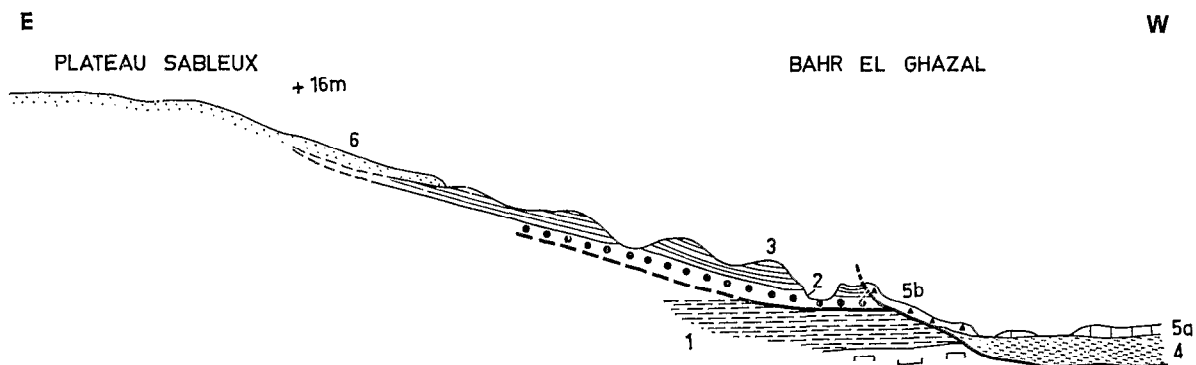


FIG. 8. — Diatomites récentes et alluvions de Bahr-El-Ghazal (1. plio-quaternaire ancien ; 2. sable éolien ; 3. diatomites récentes ; 4. alluvions du fond de Bahr ; 5a. grès à Pila ; 5b. grès à Pila sur la bordure du Bahr ; 6. ensablement récent ou actuel).

les apparente beaucoup aux dépôts de la première séquence de la série interdunaire de Labdé. Elles se rattacheriaient ainsi à la transgression qui commence, dans le Kanem, vers 12 000 ans BP.

[*Les couches de Beurkia*] (fig. 9)

Au nord-est du puits de Beurkia et vers 260 m d'altitude on relève la coupe suivante :

- | | |
|------------|---|
| 4 - 1,50 m | Diatomite feuilletée localement bréchique. |
| 3 - 0,16 m | Marnes à Ostracodes et petits Lamellibranches passant latéralement à une dalle calcaire à <i>Melania</i> ou <i>Phragmites</i> . |
| 2 - 0,30 m | Sable grossier éolien. |
| 1 - 0,00 m | Sable, diatomite et argile gypseuse du Plio-Quaternaire ancien. |

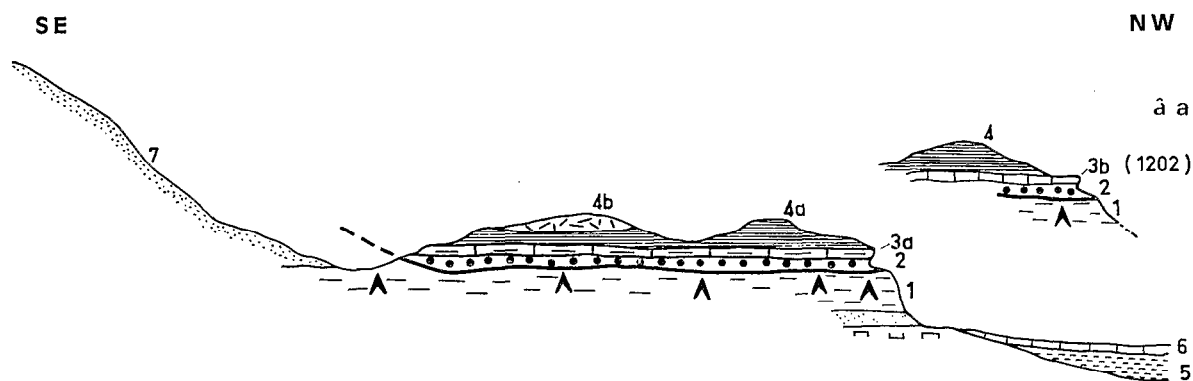


FIG. 9. — Diatomites de Beurkia. Age absolu de l'échantillon 1202 ; $6\,990 \pm 140$ ans BP.

Les couches de Beurkia forment une séquence transgressive où les faciès siliceux à Diatomées s'affirment franchement après le dépôt d'une petite couche calcaire à *Phragmites* ou Mollusques. Cette couche a fait l'objet d'une datation au ^{14}C : le calcaire à *Melania* se voit attribuer un âge de $6\,990 \pm 140$ ans BP (échantillon n° 1202, T. 642).

[*Les couches de Koro-Toro*]

Au sommet des falaises qui dominent le poste de Koro-Toro, vers 261 m d'altitude, existent plusieurs lambeaux de diatomites qui reposent sur le Villafranchien par l'intermédiaire d'un sable éotien peu épais et lenticulaire. Ces couches sont affectées de pendages très marqués liés à la topographie qu'elles ont fossilisée. Elles admettent, à la base, des niveaux plus ou moins marneux très riches en coquilles de Mollusques.

Un prélèvement de *Corbicula*, effectué dans l'un de ces niveaux, a été daté par la méthode du ^{14}C : son âge est de $3\,160 \pm 105$ ans BP (échantillon n° 4805, I-2165).

Une nouvelle pulsation transgressive a donc atteint la côte 261 m vers cette date. Elle succède à une phase d'érosion puisque les diatomites reposent sur le Villafranchien sans l'intermédiaire des couches holocènes plus anciennes. L'extension lacustre correspondante ne semble pas avoir atteint une cote suffisante pour envahir les dépressions interdunaires du Kanem : dans la *série de Labdé* on ne discerne pas nettement l'équivalent de la séquence de Koro-Toro. Aux faciès franchement lacustres de Koro-Toro correspondent probablement des faciès marécageux dans le Kanem (« couches terminales » antérieures à 2 400 ans BP).

Vue d'ensemble sur les formations lacustres holocènes

Les formations holocènes ont été étudiées dans deux types de paysages bien différents : l'erg du Kanem d'une part et le Bahr-El-Ghazal plus au nord d'autre part. Dans le premier, les sédiments ont été piégés dans les dépressions interdunaires envahies par le lac ; pendant les périodes d'assèchement, ces dépôts bien protégés par les dunes qui les dominent de toute part ne pouvaient pas être érodés profondément et ils ont notamment échappé à la déflation éolienne. Par contre, dans le Bahr-El-Ghazal, les couches lacustres sont livrées à l'érosion dès la disparition du lac et c'est pourquoi elles ne subsistent que sous forme de lambeaux isolés.

Les corrélations proposées entre les dépôts interdunaires de Labdé et ceux du Bahr-El-Ghazal sont résumées dans le tableau ci-dessous :

<i>Série de Labdé</i> (interdunes du Kanem)		<i>Diatomites récentes</i> (Bahr-El-Ghazal)	
(2 400 ans B.P.)	— Couches terminales	Séquence 2	— Diatomites de Koro-Toro (3 200 ans B.P.)
	— Masse argilo-diatomitique		— Diatomites de Beurkia (7 000 ans B.P.)
	— Niveau à <i>Campylodiscus</i>		
	assèchement		assèchement, érosion, ensablements
	— Couches en creux	Séquence 1	Couches de Nedeley
(12 000 ans B.P.)	— Couches inf.		

Les formations alluviales postérieures au lacustre holocène

Après le retrait du lac, les interdunes du Kanem n'ont pas beaucoup évolué : elles se sont localement ensablées sur quelques cm d'épaisseur, la stagnation temporaire des eaux à la saison des pluies se traduit par la formation d'argiles fissurées et, actuellement, en bordure du lac Tchad, l'évaporation s'exerçant sur une nappe phréatique peu profonde entraîne l'accumulation locale d'évaporites (FAURE, 1965).

Le Bahr-El-Ghazal est resté longtemps fonctionnel et livre, dans sa branche nord-est, entre Salal et Koro-Toro, les éléments qui permettent d'étudier les phénomènes récents, historiques, du Quaternaire. Le fond de la vallée, colmaté par une formation alluviale, présente l'aspect d'une plaine plus ou moins large où les anciens méandres et bras-morts du fleuve sont encore parfaitement visibles. Dans les puits où nous avons pu les observer, les alluvions reposent sur un sable éolien et celui-ci sur le Plio-Quaternaire ancien : toutes les formations lacustres du Quaternaire récent ont donc été déblayées au fond du Bahr et ne subsistent que sur les pentes ou de part et d'autre de la vallée.

Dans le puits de Kouba Sananga, on relève la coupe suivante :

- 4 - 0,20 m En surface, petites buttes de grès limoneux à *Pila*.
- 3 - 2,90 m Limon argileux surmonté par un sable argileux ; lentilles de sable franc.
- 2 - 0,40 m Argile sableuse en couche oblique.
- 1 - 3,50 m Sable grossier éolien.

A Salal, les dépôts sont exceptionnellement épais (plus de 14 m), les faciès s'y succèdent suivant une séquence négative avec à la base des argiles à affinités limniques et au sommet des sables à stratification oblique (fig. 10).

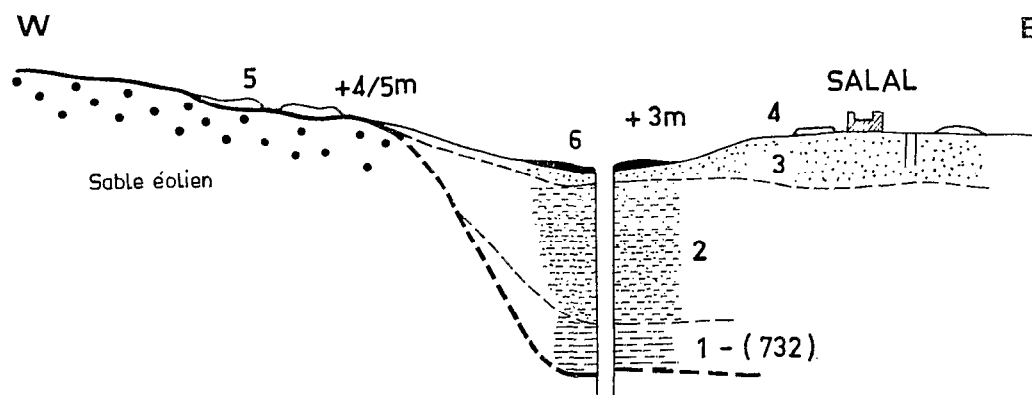


FIG. 10. — Coupe de Sahal. Age absolu de l'échantillon 732 ; $1\,760 \pm 105$ ans BP.

- 4 - 0,30 m Grès limoneux, calcaire, gris.
 - 3 - 3,50 m Sable fin blanc remaniant des quartz éoliens.
 - 2 - 7,40 m Limon argileux puis sableux à lentilles de sable franc : concrétions tubulaires calcaires.
 - 1 - 3,90 m Argile gris-sombre à débris végétaux : présence de Diatomées qui ne semblent pas remaniées ; niveau tourbeux intercalé dans la partie moyenne.
- Au fond du puits, le coffrage masque probablement une couche sableuse.

En surface, entre les anciens méandres, les alluvions sont consolidées par une imprégnation de CaCO_3 et le profil dans les premiers centimètres est le suivant :

- 3 - 0,15 m Horizon gris, sablo-limoneux, faiblement calcaire avec zones noirâtres vers la base.
- 2 - 0,20 m Horizon gris, finement sableux à pseudomycelium et concrétions de CaCO_3 ; limite inférieure nette et irrégulière.
- 1 - 0,00 m Sable fin.

Les couches superficielles indurées sont riches en *Pila* et ossements de vertébrés. Il s'agit, d'après COPPENS qui a examiné nos récoltes d'une faune subactuelle maintenant refoulée à 300 à ou 400 km plus au sud (hippopotames, crocodiles, éléphants, antilopes, chevaux...).

Sur les bordures de la vallée, le grès à *Pila* devient plus grossier et remanie souvent des fragments de diatomites. Il repose alors indifféremment sur toutes les formations antérieures et présente des pendages de dépôt souvent très accentués. Certains lambeaux, ultérieurement isolés par les ravinements récents, se localisent à 2 ou 3 m au-dessus du fond du Bahr et miment alors une fausse terrasse dont les dépôts, peu épais, ne semblent pas devoir être séparés stratigraphiquement des alluvions situées en contre-bas (niveau 5, fig. 10).

Datations. Le niveau tourbeux qui, dans le puits de Salal, est localisé vers la base de la série alluviale, a fait l'objet d'une datation au ^{14}C : son âge est de $1\,760 \pm 105$ ans BP (échantillon n° 731, Gif. 798). On ignore encore à quelle date a pu se déposer le grès à *Pila* qui couronne la formation. Mais dans la partie SE du Bahr (qui n'est pas étudiée ici) des coquilles de *Coelatura* et de *Biomphalaria* prélevées à 6 m environ au-dessus d'un ancien méandre (Amakha) se sont révélées subactuelles à l'analyse du ^{14}C (échantillon n° 805, Gif. 799). Certaines étaient encore en position biologique dans le limon encaissant à nodules de CaCO_3 . Les phénomènes de redistribution et de concentration du calcaire ont pu contaminer les coquilles et ce résultat doit faire l'objet des recoupements indispensables par de nouvelles datations. De toute façon, l'assèchement définitif du Bahr est un phénomène très récent : la circulation en pirogue a encore été possible en 1874 jusqu'aux environs de Moussoro (témoignages oraux recueillis par la mission TILHO, 1910).

LE QUATERNAIRE SUPÉRIEUR AVANT LE LACUSTRE HOLOCÈNE

Les formations du Quaternaire supérieur avant -12 000 ans sont encore mal connues du fait qu'elles sont enfouies. Il n'est pas question, pour l'instant, d'en proposer une stratigraphie : ce paragraphe a simplement pour objet d'évoquer les problèmes qui se posent actuellement.

Sur l'existence probable d'un épisode lacustre débutant vers 30 000 ans BP (série intercalaire de Etiré)

A l'est et à l'ouest du Bahr-El-Ghazal entre le 14° et le 15° parallèle quelques puits malheureusement peu nombreux fournissent de bonnes coupes dans le Quaternaire supérieur : ils sont creusés dans les dépressions plus ou moins marquées d'un plateau sableux où se reconnaissent d'anciennes directions du-naires NW-SE. Le puits de Etiré traverse successivement quatre formations principales (fig. 11) :

Couches lacustres récentes

- 12 - 0,45 m Limon argilo-sableux brun-clair sous une petite couche de sable éolien.
- 11 - 0,15 m Argile à Diatomées grise, grumeleuse.
- 10 - 0,50 m Marne à Diatomées, blanche, massive, à Ostracodes.
- 9 - 0,15 m Limon, blanc, bréchoïde.

Les couches précédentes disposées en « fond de bateau » dans la dépression, se rattachent au lacustre holocène mais on ne peut pour l'instant préciser à quel cycle.

Sables moyens

- 8 - 1,40 m Sable grossier, meuble, typiquement éolien par sa morphoscopie et son faciès granulométrique.

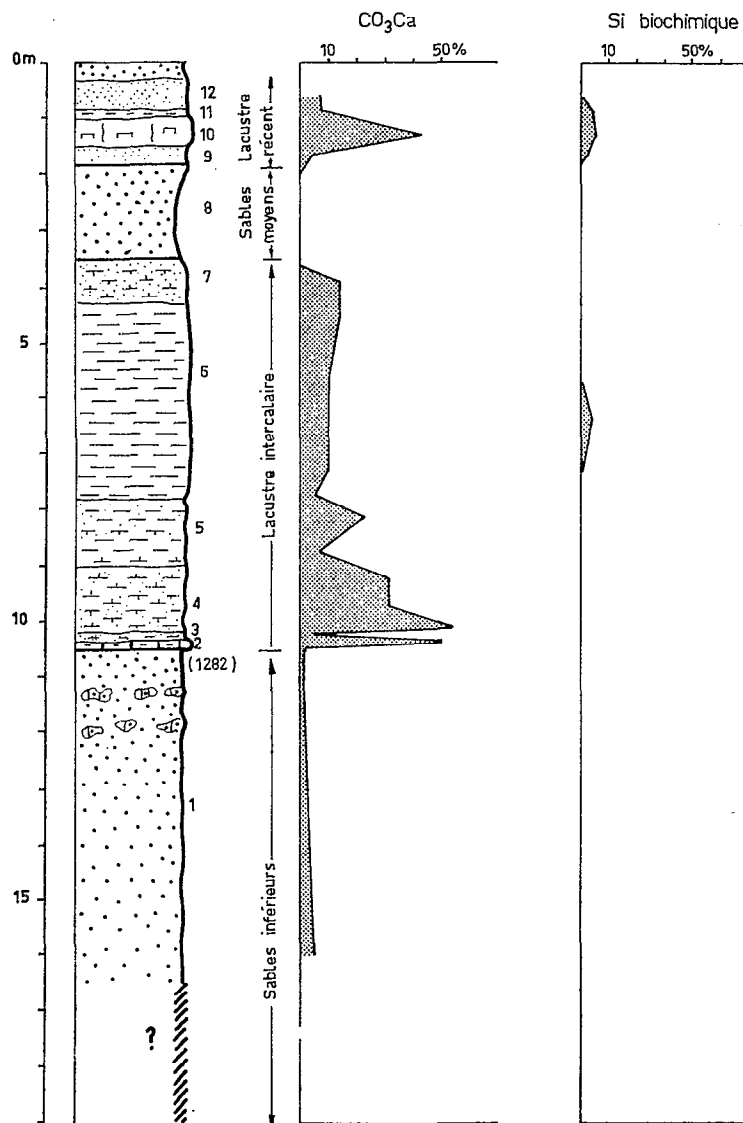


FIG. 11. — Coupe de Etiré. Age absolu de l'échantillon 1281 ; $30\,400 \pm 1\,000$ ans BP.

Série lacustre intercalaire ou série de Etiré

- 7 - 1,10 m Marnes sableuses vertes à Ostracodes.
- 6 - 3,50 m Argiles vertes à Diatomées peu nombreuses dans la partie moyenne.
- 5 - 1,30 m Argiles sableuses grises à passées marneuses et vers le sommet, débris végétaux.
- 4 - 1,35 m Limons marneux blancs à Ostracodes.
- 3 - 0,10 m Argile sableuse gris-vert.
- 2 - 0,05 m Calcaire argileux blanc.

Cette formation ne présente aucune parenté de faciès avec les dépôts holocènes. En l'absence de coquilles, le calcaire qui en souligne la base a fait l'objet d'une datation absolue : son âge est de $30\,400 \pm 1\,000$ ans avant le présent (échantillon n° 1282, T-643).

Sables inférieurs

1 - 4,50 m Sable éolien compact avec passées à stratification oblique, une imprégnation locale de CaCO_3 provoque une induration du sable.

Dans d'autres coupes, les sables inférieurs admettent vers la base des intercalations marno-sableuses à Diatomées.

Dans certains puits, relativement proches de Etiré, (Touguoy par exemple), *la série intercalaire* est absente et *les sables moyens* reposent directement sur *les sables inférieurs* compacts. Le contact entre ces deux dernières formations est net et parfois souligné soit par une petite dalle de calcaire franc, soit par un horizon sableux de teinte verdâtre due à la présence d'impuretés argileuses. La série intercalaire est donc disposée en lentilles : elle a pu se déposer de manière continue et être ensuite localement érodée mais il est plus vraisemblable qu'elle se trouve localisée dans les creux d'un ancien modelé dunaire (*sables inférieurs*), ce modelé ayant été ultérieurement remanié et plus ou moins aplani avant l'Holocène.

La série intercalaire de Etiré témoigne d'une période de sédimentation lacustre qui débiterait vers - 30 000 ans et s'achèverait à une date indéterminée. De nouvelles analyses du ^{14}C seront indispensables pour situer stratigraphiquement cette série.

Sur l'existence d'une formation lacustre dont la position stratigraphique est incertaine

Aux abords du Bahr-El-Ghazal, vers le 14° parallèle, certains puits traversent tout d'abord la série interdunaire holocène déjà étudiée, puis des sables éoliens atteignant 2 à 4 m d'épaisseur, et enfin le sommet d'une formation lacustre : *la série de Kamala* dont la base est inconnue. A Kamala, par exemple, cette série comprend la succession suivante :

- 6 - 1,10 m Marnes gris-vert à Ostracodes d'abord grumeleuses puis compactes.
- 4 - 0,85 m Marne gris-vert un peu sableuse à nodules gréseux et calcaires, deux lits de calcaire franc s'y intercalent.
- 2 - 0,80 m Marne gris-vert à Diatomées (dont *Campylodiscus*) ; rognons de calcaires gréseux.
- 1 - 1,50 m Marnes compactes vertes sous la nappe phréatique.

Une datation absolue faite sur un lit calcaire du niveau 4, vers le sommet de la formation, donne un âge supérieur ou égal à 35 000 ans BP (échantillon n° 819, Gif. 800).

Nous ne connaissons pas la base de *la série de Kamala* et nous ignorons sa géométrie sous les dunes actuelles : aussi sa position stratigraphique est-elle difficile à définir. Pour SCHNEIDER (1967) qui avait déjà repéré cette formation, il faudrait la rattacher au Quaternaire ancien et elle formerait ainsi le substratum de l'erg du Kanem. Pour le moment, nous nous bornerons à signaler l'existence de ces couches sans préjuger de leur attribution stratigraphique.

CONCLUSION (*)

Dans l'état actuel de nos connaissances sur le Quaternaire supérieur des régions au nord-est du lac Tchad, il est permis de proposer ou d'entrevoir une chronologie des formations lacustres ou alluviales :

* Note ajoutée en cours d'impression. Ces conclusions rédigées en 1967 à l'occasion du 6^e congrès Panafricain de Pré-histoire et de l'Etude du Quaternaire ont pu depuis lors être précisées sur certains points et étendues à un ensemble géographique plus vaste (M. SERVANT, S. SERVANT, G. DELIBRIAS — Chronologie du Quaternaire récent dans les basses régions du Tchad, *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 269, p. 1603-1606, 1969).

— Une phase lacustre a pu commencer vers 30 000 BP et s'achever à une date encore indéterminée.

— Une nouvelle période lacustre se développe vers la fin du Pleistocène et au début de l'Holocène de 12 000 ou 10 000 ans à 2 400 ans avant nos jours. Elle se subdivise en plusieurs séquences successives dont les phases transgressives se situeraient vers 12 000 ou 10 000 ans, 7 000 et un peu avant 3 200 ans BP. Chacune d'elles peut être séparée de la précédente par une période d'assèchement temporaire accompagnée dans la partie NE du Bahr-El-Ghazal d'une érosion notable.

— Enfin, le Bahr-El-Ghazal dépose des alluvions à partir de 1 800 ans BP et reste fonctionnel jusqu'à une époque très récente.

Les interlacustres sont encore mal connus. Nos observations aboutissent aux conclusions suivantes :

— Un modelé sableux, façonné par le vent, existait déjà avant le lacustre dont la transgression se situerait vers 30 000 ans BP.

— Ce modelé a ensuite été remanié dans la période qui précède la première extension des lacs holocènes (vers 12 000/10 000 ans BP). Ce remaniement est matérialisé dans les coupes par un sable éolien très bien classé. Il s'est probablement inscrit dans la morphologie par un certain déplacement des dunes et par l'élaboration des paysages réticulés, localisés en enclaves NE-SW dans l'erg du Kanem ou sur la bordure nord de ce dernier, mais ceci ne peut être clairement démontré que par une meilleure connaissance de la géométrie des couches actuellement enfouies.

— Enfin, les périodes d'assèchement du lac holocène ne semblent pas avoir fondamentalement modifié l'aspect général du paysage au sud du 15° parallèle. Les cordons dunaires n'ont pas été assez réactivés pour se déplacer. Il ne semble pas que des conditions franchement désertiques aient pu s'installer à de basses latitudes dans les dix derniers millénaires.

De nouvelles datations absolues, dont certaines sont en cours, permettront de préciser ou de vérifier la chronologie qui vient d'être esquissée. Elles ouvriront en même temps la voie à un essai de comparaison avec les données acquises ailleurs dans le bassin Tchadien ou plus généralement en Afrique aux mêmes latitudes.

Mais il est également nécessaire que les études multidisciplinaires permettent de convertir la notion de lacustre ou d'interlacustre en termes climatiques. Une tentative en ce sens serait prématurée. Sans évoquer les problèmes des paléotempératures, il n'est pas inutile de souligner que l'interprétation, du seul point de vue des variations d'humidité, doit être nuancée pour le moment.

Les interlacustres sont certainement liés à une plus grande sécheresse et ce sont des époques au cours desquelles les phénomènes de remaniements par le vent, ont joué un rôle important, mais ils masquent des phénomènes plus discrets qui ne pourront que très lentement être identifiés. Par exemple on peut imaginer qu'un climat semi-aride, comparable à l'actuel, serait difficile à déceler dans les formations géologiques dans la mesure où il ne s'inscrit pas de manière profonde dans le paysage sur lequel il s'exerce.

De même, l'histoire d'un ancien lac dépend certes d'un facteur général pour la région étudiée (pluviométrie plus grande) mais aussi d'un facteur local, topographique et hydrologique.

La topographie de détail joue un rôle déterminant sur les phases transgressives d'un épisode lacustre : il semble, en particulier, que dans les zones basses comme les interdunes les conditions limniques apparaissent quand le niveau de la nappe phréatique remonte et devient affleurant, mais on ignore si cette remontée enregistre avec retard ou non un changement climatique. A l'échelle du Bassin, il faut souligner avec SIEFFERMANN (1967), le rôle qu'a pu jouer le seuil qui sépare le Tchad de la Bénoué au cours du Quaternaire : une capture dans le réseau hydrographique peut limiter une extension lacustre en détournant vers l'Océan des quantités d'eau importantes que le bassin du Tchad ne collecte plus. Ainsi, l'altitude du plan d'eau atteignant une certaine cote (probablement 320 m pour l'Holocène) se stabilise ou s'abaisse sans enregistrer un fait pluviométrique. Ces remarques incitent finalement à beaucoup de prudence et suggèrent la nécessité de poursuivre les études régionales strictement descriptives.

Manuscrit déposé le 25 mai 1970

BIBLIOGRAPHIE

- BARBEAU (J.), 1956. — Notice explicative sur la feuille de Fort-Lamy. Carte Géol. de reconnaissance à 1/1 000 000°. Gouvernement général AEF, 35 p.
- BARBEAU (J.), 1961. — Morphologie du Quaternaire des abords orientaux du lac Tchad. *Bull. Inst. equat. Recher. Et. Géol. min.*, n° 14, pp. 73-82.
- BARBER (W.), JONES (D.G.), 1960. — The geology and hydrology of Maidougouri, Bornu province. *Rec. géol. surv. Nigeria* (1958), pp. 5-20.
- BOUCHARDEAU (A.), LEFEVRE (R.), 1959. — Monographie du lac Tchad. Rapp. ORSTOM, 120 p. *multigr.*
- CABOT (J.), 1960. — Le bassin du moyen Logone. *Mém. ORSTOM* n° 8.
- COPPENS (Y.), 1960. — Le Quaternaire fossilifère de Koro-Toro (Tchad). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 14 novembre 1960.
- COPPENS (Y.), 1966. — Les gisements de vertébrés quaternaires de l'Ouest africain. *Bull. Inst. fr. Afr. noire* (IFAN), Dakar, t. 28, sér. A, n° 1, pp. 373-381. (Doc. publ. par l'ASEQUA).
- DIELMAN (P.J.), de RIDDER (N.A.), 1963. — Expertise sur les mouvements des eaux et du sel dans le polder de Bol Guini. Rapp. *multigr.* Inst. International. et mise en valeur des terres, Wageningen, Pays-Bas.
- EHRLICH (A.), MANGUIN (E.), 1966. — Examen de quelques diatomites de la république du Tchad (Tibesti et région du Bahr-El-Ghazal). (A paraître avec les publications de la mission volcanologique du Tibesti, 1965).
- ERHART (H.), LENEUF (M.), PIAS (J.), 1954. — Etude pédologique du bassin alluvionnaire du Logone-Chari. Rapp. ORSTOM, 230 p.
- FAURE (H.), 1962. — Reconnaissance géologique des formations sédimentaires postpaléozoïques du Niger oriental. Thèse, Paris, et *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, Paris, n° 47, 1966, 630 p.
- FAURE (H.), MANGUIN (E.), NYDAL (R.), 1963. — Formations lacustres du Quaternaire supérieur du Niger oriental Z diatomites et âges absolus. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, n° 3, pp. 41-63.
- FAURE (H.), 1965. — Inventaire des évaporites du Niger. Rep. Niger. Rapp. Bur. Rech. géol. min., Dakar, 430 p. *multigr.*
- FAURE (H.), 1966. — Evolution des grands lacs sahariens à l'Holocène. Quaternaire, t. VIII, Rome, pp. 167-175.
- FAURE (H.), 1967. — Lacs quaternaires du Sahara. Note présentée à : International. Symp. Paleolimnol., Tihany, Hongrie, Août 1967. Mitt. International. verein. Limnol., t. 17, pp. 131-146 (1969).
- FAURE (H.), ELOUARD (P.), 1967. — Schéma des variations du niveau de l'Océan atlantique sur les côtes de l'ouest de l'Afrique depuis 40 000 ans. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 265, sér. D.
- FREYDENBERG (H.), 1908. — Le Tchad et le bassin du Chari, Thèse, Paris.
- GARDE (G.), 1910. — Description géologique des régions situées entre le Niger et le lac Tchad et à l'est et au nord-est du Tchad. Thèse, Paris.
- GROVE (A.T.), PULLAN (R.A.), 1961. — Some aspects of the Pleistocene paleogeography of the Chad basin. Viking Fund Publ. in Antrop., n° 36, African Ecology and Human Evolution, Wenner Gren Found. For. Antrop. Res., New-York, (1963), pp. 230-245.
- LOUIS (P.), 1963. — Etat des travaux gravimétriques dans le bassin du Tchad. Rapp. ORSTOM, 50 p. *multigr.* et tabl. h.t.
- PIAS (J.), GUICHARD (E.), 1957. — Origine et conséquence de l'existence d'un cordon sableux dans la partie sud-ouest de la cuvette tchadienne. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 244, p. 791.
- PIAS (J.), 1960. — Les sols du moyen et bas Logone, du bas Chari et des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr-El-Ghazal. *Mém. ORSTOM*, Paris, n° 2.
- PIAS (J.), 1960. — Sédimentation au Quaternaire dans l'est de la cuvette tchadienne (massifs du Ouaddaï et de l'Ennedi, plaines de piedmont). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 250, pp. 1514-1516.
- PIAS (J.), 1967 a. — Quatre deltas successifs du Chari au Quaternaire (Républiques du Tchad et du Cameroun). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 264, pp. 2357-2360.
- PIAS (J.), 1967 b. — Chronologie du dépôt des sédiments tertiaires et quaternaires dans la cuvette tchadienne (République du Tchad). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 264, pp. 2432-2435.
- PIRARD (F.), 1966. — Géomorphologie du Manga nigérien. Schéma d'évolution quaternaire du secteur nord-occidental de la cuvette du Tchad. *Bull. Inst. fr. Afr. noire*, Dakar, t. 28, sér. A, n° 1, pp. 421-425. (Doc. publ. par l'ASEQUA).
- QUEZEL (P.), MARTINEZ (C.), 1958. — Etude palynologique de deux diatomites du Borkou. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, t. 49, pp. 230-244.
- SCHNEIDER (J.L.), 1967 a. — Carte hydrogéologique de la république du Tchad à 1/500 000° : feuilles de Mao ; rapport de synthèse. Rapp. Bur. Rech. géol. min., Paris, 47 p. *multigr.* et annexes.
- SCHNEIDER (J.L.), 1967 b. — Evolution du dernier lacustre et peuplements préhistoriques aux Pays-Bas du Tchad. *Bull. Assoc. Sénégal. Et. Quatern. ouest afric.*, n° 14-15, juin, pp. 18-23.
- SERVANT (S.), 1967. — Répartition des Diatomées dans les séquences lacustres holocènes au nord-est du lac Tchad ; premières observations et perspectives de recherche (sous presse). Actes Congr. Panafric. Préhistoire Et. Quaternaire, Dakar.
- SIEFFERMANN (G.), 1967. — Variations climatiques au Quaternaire dans le sud-ouest de la cuvette tchadienne (sous presse). Congr. Soc. Sav. Strasbourg.
- TILHO (J.), 1910, 1911, 1914. — Documents scientifiques de la mission Tilho 1906-1909, Paris, 3 vol.
- TILHO (J.), 1925. — Sur l'aire probable d'extension maxima de la mer paléotchadienne. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 181, p. 643.