

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE DEUX SONDAGES DANS LES SÉDIMENTS HOLOCÈNES DU LAC DE GUIERS (Sénégal)

J. L. SAOS (1), F.-X. COGELS (2), L. CASTA (3), M. FABRE (3), H. FAURE (3), J.-Y. GAC (1)

(1) O.R.S.T.O.M., Hann B.P. 1336, Dakar (Sénégal)

(2) Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Dakar (Sénégal)
Fondation Universitaire Luxembourgeoise (F.U.L.), 140, rue des Déportés, 6700 Arlon (Belgique)

(3) Laboratoire de Géologie du Quaternaire — CNRS, Université de Marseille-Luminy, 13288 Marseille (France)

RÉSUMÉ

Depuis plusieurs décennies de nombreux programmes de recherches ont porté leur attention sur les cycles de sédimentation lacustre en Afrique Orientale et Centrale. Cette étude présente les premiers résultats obtenus sur les sédiments du lac de Guiers situé en Afrique de l'Ouest en rive gauche du fleuve Sénégal. Les déterminations granulométriques et minéralogiques, la reconnaissance de la flore pollinique et diatomitique et l'étude du paléomagnétisme sur deux sondages peu profonds, ont permis d'estimer l'âge de la base des carottes à 1800 B.P. et d'évaluer à 0,5 mm/an la valeur moyenne du taux de sédimentation.

ABSTRACT

PRELIMINARY STUDY OF TWO SAMPLINGS MADE IN THE HOLOCENE SEDIMENTS OF THE LAKE OF GUIERS (Senegal)

Numerous research programmes have been centred since several years on the cycles of lacustrine sedimentation in East and Central Africa. This study gives the first results obtained from the sediments of the Lake of Guiers which is situated in West Africa on the left bank of the Senegal river. The mineralogical and particle-size analyses, the identification of the pollen and diatom flora as well as the study of paleomagnetism from two shallow samplings made it possible to date from 1800 B.P. the bottom of the core and to estimate at 0,5 mm/year the mean value of the rate of sedimentation.

INTRODUCTION

Depuis 1978, l'O.R.S.T.O.M. a entrepris l'étude hydrogéochimique du bassin du fleuve Sénégal. Il s'agit non seulement, de connaître l'état du fleuve, de ses tributaires et de ses dépendances (plaines d'inondation, lac de Guiers, lac de Rkiz) mais aussi de préciser dans le temps et dans l'espace la dynamique des matériaux mobilisés à l'amont, déposés ou en transit dans la vallée et finalement acheminés vers l'océan.

Il a été souvent montré dans le passé, au cours d'études similaires menées en Côte d'Ivoire (F. LENOIR, 1972 ; C. MONNET, 1972) et au Tchad (M. A. ROCHE, 1973 ; J.-P. CARMOUZE, 1976 ; J.-Y. GAC, 1979) que s'il est assez simple d'établir des bilans chiffrés au départ sur les phases résiduelles et migratrices, il est en revanche beaucoup plus malaisé

de quantifier à l'arrivée le devenir des matériaux au cours de leur sédimentation. De façon inhabituelle, cette tentative de reconstitution de l'histoire du fleuve Sénégal commence par l'étude des sites continentaux de dépôt et plus particulièrement, par une première approche de la nature des sédiments du fond du lac de Guiers.

LE LAC DE GUIERS

Situation géographique

Le lac de Guiers se situe en rive gauche de la basse vallée du Sénégal entre 15°55' et 16°25' de latitude nord (fig. 1). Il communique avec le fleuve par le chenal aménagé de la Taoué (barrage de Richard-Toll) et s'étire vers le sud entre les alignements de dunes rouges d'âge Ogolien (—20 000 ans B. P.)

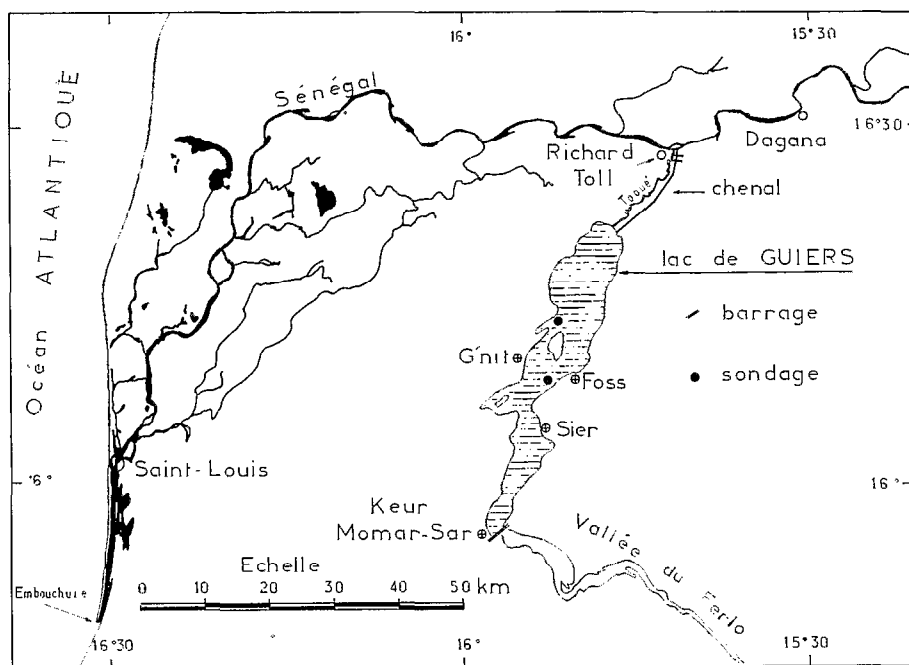


FIG. 1. — Carte de situation du bas-Sénégal et localisation géographique du lac de Guiers.

jusqu'à la digue de Keur Momar Sarr. La présence de deux étranglements à la hauteur de Foss et de Sier divise le lac en trois cuvettes dont les fonds se situent entre les côtes $-1,70$ m et $-2,50$ m (MICHEL P. 1973).

Aperçu sur le fonctionnement hydrologique

Contrairement aux plaines d'inondation de la vallée et au lac de Rkiz, le lac de Guiers est accessible chaque année aux eaux du Sénégal. L'ouverture du barrage de Richard-Toll (vers la fin de juillet) coïncide avec l'arrivée de la nouvelle onde de crue ; sa fermeture (fin septembre-début octobre) correspond à l'amorce de la décrue et à un état d'équilibre entre les plans d'eau fluvio-lacustres. L'alimentation du lac est donc sous la double dépendance de l'importance de la crue du fleuve et de l'abondance des précipitations sur son bassin versant : au cours des deux dernières années (1980 et 1981), 90 % des apports ont été assurés par le fleuve et 10 % par les eaux d'origine climatique. Si la réserve d'eau douce ainsi constituée est importante, le lac survit pendant la saison sèche aux pertes par évaporation, infiltration et pompages ; si au contraire le remplissage est insuffisant le lac peut s'assécher dans sa partie sud (COGELS, F. X. et GAC, J.-Y., 1981-1982).

Nature et origine des apports terrigènes et dissous

Si les eaux qui se déversent chaque année dans le lac sont faiblement minéralisées, elles sont en revanche très chargées en sédiment frais, le remplissage de la dépression s'effectuant au moment où la turbidité est maximum dans le Sénégal. Ces flux détritiques à granulométrie fine sont essentiellement constitués de matériau argileux (kaolinite, illite et smectite) issus de l'érosion des sols développés sur le haut bassin de la Falémé. Cet affluent de la rive gauche présente en effet la particularité d'avoir une crue précoce en juillet et août qui se traduit par un épaulement dans l'hydrogramme du fleuve (fig. 2).

LES SONDAGES

Localisation géographique (fig. 1).

Deux carottes ont été prélevées dans les sédiments du lac en fin de saison sèche (juin 1981). Les deux sondages sont situés à 500 mètres des rives est et ouest, le premier dans la zone nord ($16^{\circ}14' N$, $15^{\circ}51' W$), le second dans la partie centrale ($16^{\circ}08' N$, $15^{\circ}53' W$) sous des tranches d'eau sensiblement identiques (1,55 m et 1,35 m). Les deux colonnes de sédiment ont des longueurs respectives de 0,90 m

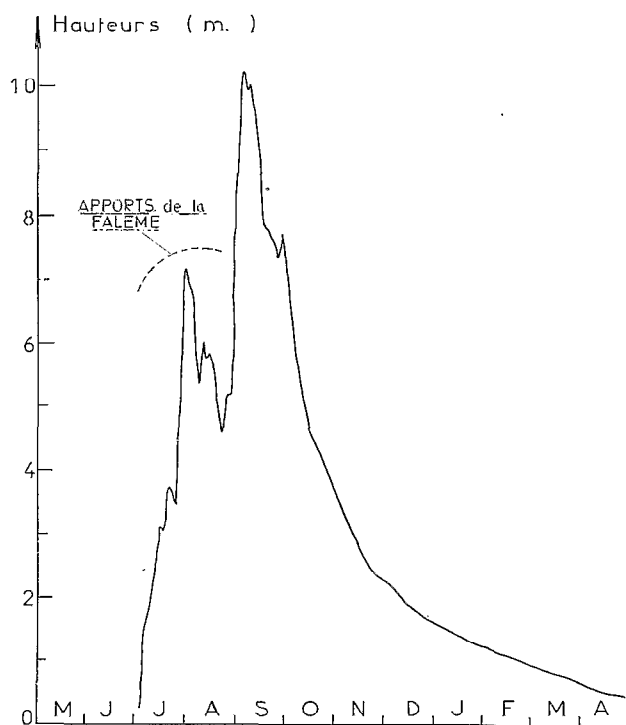


FIG. 2. — Hydrogramme caractéristique du fleuve Sénégal à Bakel (exemple du cycle hydrologique 1975/1976).

(petite carotte) et de 1,40 m (grande carotte) et des diamètres de 50 et de 80 mm. La position du plan d'eau au moment des prélèvements (—0,30 m IGN) situe la base des sondages à 2,80 m et 3,05 m au-dessous du niveau de la mer.

Méthodes de prélèvement

Après fonçage vertical, les tubes PVC, taillés en biseau à la base, ont été extraits en évitant toute rotation, l'eau surnageante vidée par siphonnage et le tube scié à 10 cm au-dessus de l'horizon supérieur. Du coton cardé enrobé de paraffine a été disposé aux deux extrémités pour assurer la protection et l'étanchéité des colonnes de sédiment. Au laboratoire de Géologie du Quaternaire du C.N.R.S. de Luminy, les tubes ont été fendus à l'aide d'un disque non métallique et la carotte sectionnée par un fil de nylon.

Description sommaire des deux sondages

Les sédiments du lac de Guiers sont constitués de vase, d'argile et de sable. Les sables en général assez grossiers apparaissent à tous les niveaux disséminés dans la masse ou en lits très minces d'une épaisseur de 1 à 2 cm.

La *petite carotte* (zone nord) présente 7 unités distinctes. Les coupures sont cependant peu franches et les limites très diffuses à l'exception de la transition nette observée à 0,51 m entre les niveaux C et D :

- 0 à 0,17 m : Vide. Une partie de la vase superficielle s'est écoulée avec le siphonnage de l'eau surnageante.
- (A) 0,17 à 0,30 m : Vase gris-brun foncé (10 YR 3/2) très fine.
- (B) 0,30 à 0,44 m : Vase vert-olive (5 Y 5/3) très fine et assez liquide. Présence de quelques petites lentilles de sable et de rares débris de coquilles.
- (C) 0,44 à 0,51 m : Vase gris-vert foncé (5 Y 3/2).
- (D) 0,51 à 0,66 m : Formation noir (5 Y 2/1) d'aspect grumeleux. Vase sablo-argileuse avec de nombreux débris végétaux.
- (E) 0,66 à 0,76 m : Niveaux plus argileux, compact, gris foncé (5 Y 2/2).
- (F) 0,76 à 0,85 m : Horizon très compact vert-olive (5 Y 4/2,5).
- (G) 0,85 à 0,95 m : Base de la colonne très compacte gris-vert (5 Y 4/2) présentant des traces brunes d'oxydation.

Aucune structure littée n'est visible, les grains de quartz sont disposés sans arrangement particulier.

Six niveaux sont différenciables dans la *grande carotte* (zone centrale) :

- 0 à 0,05 m : Vide avec *Corbicula Africana*.
- (A) 0,05 à 0,18 m : Vase gris-brun foncé (10 YR 4/2) très humide.
- (B) 0,18 à 0,47 m : Vase sableuse gris-vert (5 Y 4/2).
- (C) 0,47 à 0,81 m : Vase sablo-argileuse gris-vert olive foncé (5 Y 3/2) contenant des gastérobodes (*melania tuberculata*). Présence de passées sableuses disposées en fine lentilles. Petit banc de sable grossier de 2 cm avec un pendage de 15° entre 0,63 m et 0,65 m reposant sur un niveau coquiller à *Corbula Trigona* (espèce d'eau saumâtre).
- (D) 0,81 à 0,97 m : Vase argilo-sableuse noir (5 Y 2/1) d'aspect grumeleux, très riche en matière organique.
- (E) 0,97 à 1,05 m : Niveau de transition plus argileux passant graduellement à un horizon plus compact.
- (F) 1,05 à 1,38 m : Base du sondage. Vase et argile gris vert (5 Y 5/2) avec traces d'oxydation le long des fissures.

Une série de lames de frottis du sédiment total ont permis l'étude au microscope optique des principaux constituants de la petite carotte. On retrouve tout au long de la coupe et dans des proportions variables

des grains de quartz, des débris de végétaux, des spicules de spongiaires, des phytolites, des pollens et des diatomées.

LES DONNÉES SÉDIMENTOLOGIQUES

Observations des sections polies

Les observations ont été effectuées sur des sections polies longitudinales suivant une méthode inédite de L. CASTA qui consiste à visualiser les microstructures en « fluorescence provoquée » en lumière ultra-violette.

La structure est en général compacte sans figure particulière notamment sans stratifications fines et dans laquelle se distinguent quatre phases :

— une phase *détritique* toujours fine (inférieure à 150 μ), quartzreuse avec des grains morphoscopiquement « non usés » ;

— une phase *argileuse* qui comprend toujours une proportion importante de silt quartzeux ;

— une phase *carbonatée* probablement post-sédimentaire par l'infiltration du sédiment « en nuages » des carbonates à partir de joints de fissures. Dans d'autres cas la migration des carbonates se fait à partir de conduits fossiles (tubes de racines) ;

— une phase *organique* qui revêt deux formes. La première, quantitativement la plus importante correspond aux débris végétaux (de 10 à 500 μ) dispersés dans toute la masse du sédiment : leur état est assez évolué. La seconde est constituée d'une matière organique pré-colloïdale ou colloïdale imprégnant d'une matière diffuse, mais non uniforme, toute la carotte.

La teneur en eau

La teneur en eau des sédiments a été déterminée par la formule :

$$\text{teneur en eau} = \frac{\text{Poids sédiment humide} - \text{Poids sédiment sec}}{\text{Poids sédiment sec}} \times 100$$

Sur les sédiments frais les échantillons ont été séchés à l'étuve à 40 °C pendant une semaine. Les prélèvements des carottes ont été maintenus 4 jours à 60 °C.

Dans les deux cas, la phase aqueuse est très importante (de 190 à 400 % du poids sec) dans les vases grises des horizons superficiels. Elle diminue entre 0,50 m et 0,85 m dans les formations grumeleuses (de 50 à 70 % du poids sec). La teneur en eau s'élève à nouveau (de 80 à 130 % du poids sec) à la base des colonnes de sédiment. La présence de quelques fentes de retrait dans la carotte témoigne des pertes en eau subies au cours du transport, mais l'analogie des

variations verticales des teneurs en eau laisse supposer que les phénomènes d'échange ont été très réduits entre les différents niveaux.

La teneur en carbonate

La teneur en CO_3Ca a été mesurée à l'aide d'un calcimètre Bernard sur 10 échantillons prélevés à différents niveaux dans le petit sondage de la zone nord. Les quantités de carbonates sont faibles (fig. 3) avec des teneurs comprises entre 1 et 2 %. Seule une teneur exceptionnelle de 3,3 % a été déterminée dans une poche sableuse contenant vraisemblablement quelques débris coquilliers.

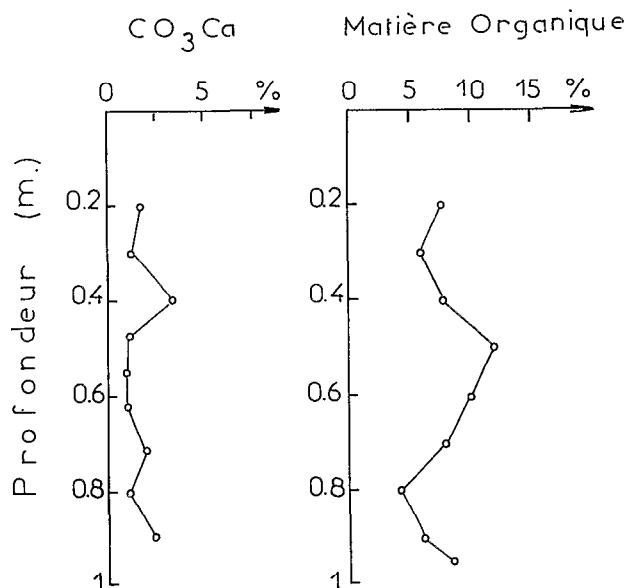


FIG. 3. — Variations des teneurs en carbonates et en matière organique dans les sédiments du petit sondage.

La matière organique

La matière organique dosée après calcination de l'échantillon à 320 °C pendant 10 heures est évaluée en % par rapport au résidu sec. Dans le petit sondage, les teneurs varient de 4,6 à 12 % (fig. 3), les plus fortes concentrations apparaissent vers 0,50 m dans le niveau C caractérisé par l'abondance de débris végétaux. L'évaluation des taux moyens de carbone et d'azote va permettre d'estimer les contributions respectives des végétaux supérieurs, du phyto et du zooplancton dans l'accumulation de la matière organique.

La granulométrie des sédiments

Les analyses granulométriques n'ont été réalisées que sur les horizons superficiels du petit sondage de

la zone nord. Une étude plus complète et plus détaillée est actuellement en cours sur l'ensemble des sédiments du lac.

Ces premières déterminations ont porté sur la totalité du sédiment. A partir des courbes de fréquence et des courbes cumulées on a déduit les paramètres classiques Q1, Q2, Q3 et les indices S₀ et D. Les dépôts superficiels se caractérisent par une granulométrie moyenne variant de 50 μ (entre 0,18 et 0,20 m) à 5 μ (de 0,35 à 0,40 m). Les qualités de triage sont plus constantes mais très moyennes ou mauvaises. L'indice D lié aux conditions hydrodynamiques au moment de la sédimentation regroupe les différents niveaux en deux lots (D inférieur ou supérieur à 1). Des valeurs comprises entre 0,6 et 0,7 ont été déterminées dans les niveaux 0,30 m, 0,40 m et 0,50 m, traduisant une tendance à l'endoréisme ou au moins à un certain confinement.

Nature minéralogique et composition chimique des sédiments superficiels

Quatre échantillons ont été prélevés en surface (de 0 à 0,10 m) tous les 2,5 cm à l'aide d'une benne à sédiment à proximité de la station de pompage de Ngnith.

L'analyse par diffractométrie des Rayons-X, révèle qu'associés au quartz trois types de minéraux prédominent dans la fraction argileuse : la kaolinite, la montmorillonite et l'illite. En profondeur les teneurs en illite et interstratifiés 10-14 Å augmentent légèrement au détriment de l'argile gonflante. D'après COGELS et GAC (1982), les proportions entre les différents constituants de la phase minérale sont analogues dans les sédiments superficiels et dans les apports terrigènes d'origine fluviale : kaolinite 36 %, illite et interstratifiés 21 %, smectite 17 % et quartz 18 %.

TABLEAU I

Composition chimique des matières en suspension d'origine fluviale et des sédiments superficiels du lac de Guiers

Matières en suspension			Sédiments du lac (< 2 u)				
éch. brut	< 2 u		NG 1	NG 2	NG 3	NG 4	Moyenne
			0-2,5	2,5-5,0	5,0-7,5	7,5-10 cm	
SiO ₂	54,24	48,23	52,00	51,64	50,56	51,43	51,41
Al ₂ O ₃	22,24	24,92	24,03	24,36	24,37	23,93	24,17
Fe ₂ O ₃	9,54	10,49	9,59	9,26	9,71	9,73	9,57
TiO ₂	0,95	0,92	0,88	0,96	0,86	0,97	0,92
Mn ₃ O ₄	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,05
MgO	1,03	1,37	1,18	1,27	1,34	1,37	1,29
CaO	0,30	0,20	0,40	0,20	0,30	0,30	0,30
Na ₂ O	0,25	0,26	0,20	0,33	0,23	0,53	0,32
K ₂ O	1,46	1,47	1,45	1,53	1,40	1,49	1,47
Perte à 1000° C	9,90	12,07	10,23	10,41	11,41	10,21	10,49

L'analyse chimique des matières en suspension apportées par la crue annuelle et des sédiments de surface confirme la similitude des compositions minéralogiques (Tabl. I). Les teneurs en silice, alumine et fer sont très voisines. L'abondance relative du magnésium et du potassium indique que ces éléments accèdent au lac sous forme particulière s'opposant ainsi au sodium et au calcium qui empruntent plutôt la voie soluble.

PALÉOMAGNÉTISME

L'étude du paléomagnétisme a été entreprise sur les deux sondages du lac de Guiers à l'aide d'un

appareil mis au point par Digico Computer et nouvellement installé au laboratoire de Géologie du Quaternaire de Luminy.

On sait que le champ géomagnétique de notre planète peut en première approximation être assimilé à l'effet d'un aimant dipôle situé au centre et orienté selon l'axe des pôles magnétiques et que dans le passé le champ magnétique terrestre a pu être profondément différent de l'actuel. Ces champs fossiles ont été enregistrés au moment du dépôt dans des zones déprimées telles que le lac de Guiers par des particules qui sont orientées sous l'influence du champ existant dont elles subissaient l'aimantation. Si, comme nous le suggérons par ailleurs, les sédiments

du lac miment par leur composition chimique et minéralogique les sols du bassin de la Falémé riches en matériau à susceptibilité magnétique élevée (BLot A., 1980), l'étude du champ magnétique sur les carottes de sondage peut apporter une large contribution à la connaissance stratigraphique des sédiments.

Méthode

Le principe consiste à faire tourner l'échantillon dans une chambre qui l'isole du magnétisme ambiant. L'intensité du champ magnétique est mesurée dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation et comparée à celle d'un échantillon témoin de référence. L'angle du champ magnétique est obtenu en déterminant l'intervalle de temps qui sépare le passage, devant un système optique, du paléo-nord et le repère du nord actuel.

Deux techniques analytiques peuvent être utilisées : la mesure directe par mise en rotation de l'ensemble de la carotte dans son tubage ou le

traitement d'échantillons prélevés sous forme de petits cubes. Dans le premier cas, avec la limitation des mesures dans le plan perpendiculaire à l'axe de rotation on n'obtient que la valeur de la déclinaison et l'intensité des composantes x et y du vecteur magnétique. Dans le second mode opératoire, le traitement des informations fournit l'intensité des différentes composantes du champ magnétique.

Avant de présenter les données obtenues quelques remarques s'imposent :

- les observations sur la petite carotte sont vraisemblablement peu fiables par suite de son trop petit diamètre et d'une méthodologie insuffisamment maîtrisée ;

- les deux carottes n'ont pas été orientées au moment du prélèvement. La position du nord actuel a été fixée de façon arbitraire et les courbes obtenues pour la déclinaison et l'inclinaison ne donnent que des indications sur les variations relatives entre les différents niveaux.

Ces restrictions ne concernent évidemment pas l'intensité du champ magnétique.

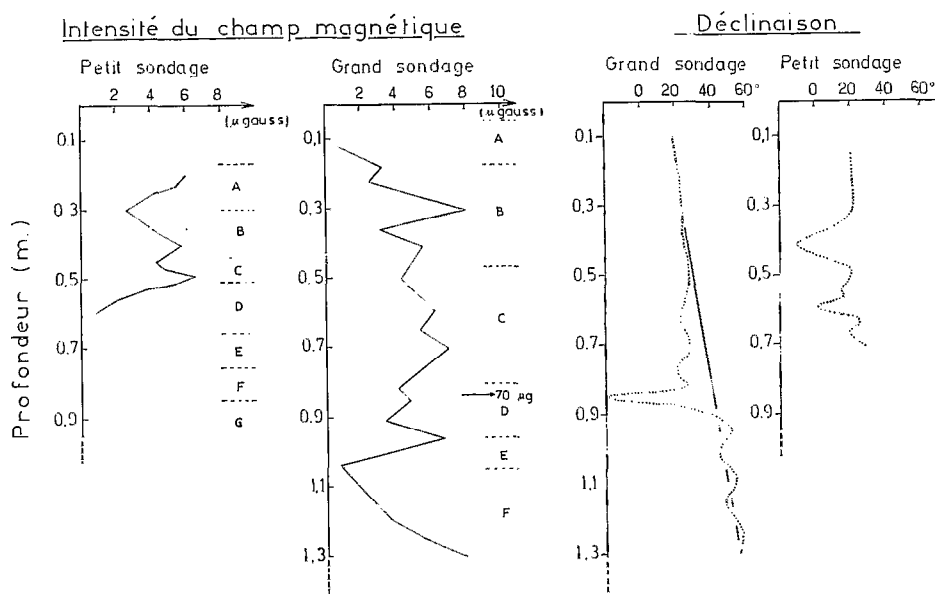


FIG. 4. — Évolution de l'intensité du champ magnétique (μ gauss) dans les sédiments des deux sondages. Variation relative de la déclinaison en fonction de la profondeur.

Données obtenues et premières observations

Les deux colonnes de sédiment donnent des résultats différents et souvent contradictoires (fig. 4).

L'intensité totale du champ magnétique est faible. Elle varie de 1 à 9 microgauss/cm³ avec une seule

anomalie de 70 μ gauss décelée à $-0,84$ m, dans la grande carotte. L'homogénéité des horizons superficiels (de 0 à $-0,30$ m) et des horizons profonds (de 1,05 m à 1,40 m) se marque par une augmentation continue de l'intensité du sommet vers la base. Dans la partie centrale de la grande carotte (entre 0,30 m

et 1,05 m), les différentes baisses d'intensité traduisent l'existence de vides (0,35 m), l'abondance de sables coquillers (0,50 m et 0,65 m) ou encore la présence de niveaux riches en débris végétaux (—0,90 m). Les variations de l'intensité du champ magnétique reflètent fidèlement les modifications lithologiques des colonnes de sédiment.

Les variations de la *déclinaison* sont du même ordre de grandeur dans les deux sondages : près de 40° entre les positions extrêmes. Elles sont très rapides et localisées entre 0,40 m et 0,60 m dans la zone nord ; elles sont plus atténuées et plus lentes dans la partie centrale du lac (abstraction faite de l'importante déviation observée à —0,84 m dans la grande carotte et à mettre en parallèle avec celle de l'intensité du champ magnétique). Les études sur la

variation séculaire du champ magnétique font état de dérives aussi importantes de la *déclinaison* dans le passé (SKINNER N. J., ILES W. and BROCK A., 1975) et à l'époque historique (VASSAL J., 1982). En Afrique de l'Est, au Kenya SKINNER *et al.* (1975) ont montré qu'à la fin du premier millénaire, la *déclinaison* était de 10° E ; le nord magnétique serait ensuite passé (vers 1700) par une position extrême occidentale de 20° avant de revenir progressivement à une orientation nord-sud (5° W à l'heure actuelle). Les données de l'observatoire de M'Bour (VASSAL J., 1982) indiquent des variations similaires en Afrique de l'Ouest. En Europe, KOVACHEVA M. (1980) a mis en évidence des oscillations de même amplitude et souligne que si des périodicités existent, elles se situent à l'échelle de plusieurs centaines d'années.

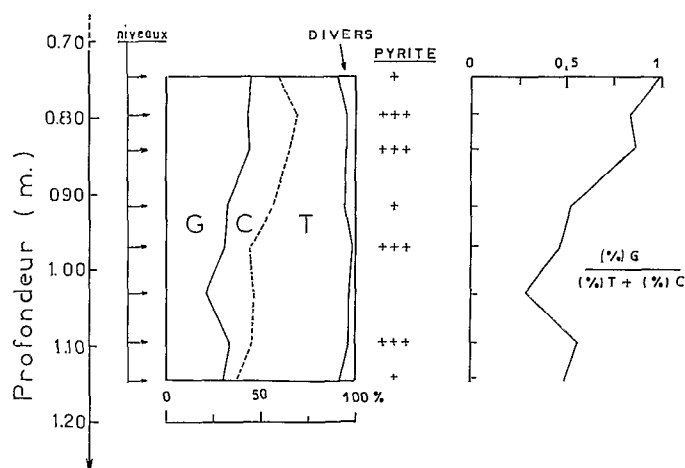


FIG. 5. — Abondance relative (en %) des pollens de Gramineae (G), de Cyperaceae (C) et de Typha (T). Variation avec la profondeur du rapport % G/ % C + % T.

Ces données apparaissent en contradiction avec les faibles variations de la *déclinaison* observées à la partie supérieure des colonnes de sédiment : moins de 5° dans le petit sondage entre 0 et 0,30 m et surtout moins de 10° dans la grande carotte jusqu'à 0,80 m de profondeur (fig. 5). En l'absence de datations qui permettraient de caler les courbes, deux hypothèses peuvent être formulées : ou bien la tranche superficielle des sédiments s'est déposée pendant un laps de temps très court (ce qui suppose des conditions différentes dans les deux régions du lac), ou alors d'autres facteurs capables d'annihiler les effets du champ magnétique se sont manifestés au moment de la mise en place des sédiments. On peut penser comme contraintes dominantes à l'action de paléovents ou de paléo-courants remaniant

et remobilisant les sédiments dans un lac peu profond.

ÉTUDES PALYNOLOGIQUES ET MICROPALÉONTOLOGIQUES

Les pollens et les associations de diatomées sont de précieux indicateurs des paléoenvironnements sédimentaires et des paléoclimats. Le cortège pollinique fournit des informations sur la végétation des régions drainées par le fleuve et des zones balayées par les vents dominants ; la flore diatomitique renseigne sur les variations de salinité et les contraintes paléohydrochimiques imposées au milieu lacustre (SERVANT-VILDARY S., 1978).

Les Pollens

Du point de vue phytogéographique, la région du lac de Guiers est située dans le domaine sahélien, près de la limite du domaine soudanien.

L'étude palynologique est tout à fait préliminaire. Elle concerne 8 niveaux entre 0,70 et 1,20 m de la grande carotte. Les *Gramineae*, *Cyperaceae* et *Typha* constituent les masses polliniques les plus importantes totalisant 90 à 98 % des pollens comptés ; elles masquent les autres familles peu représentées (fig. 5). Signalons la présence de pollens bien reconnaissables de *Borreria*, *Rubiceae* caractéristiques des prairies paralittorales. Les spectres polliniques reflètent essentiellement une végétation locale de sol marécageux ou d'eau douce peu profonde. Seuls des comptages plus élevés pourraient révéler les marqueurs climatiques des zones sahélienne et soudanienne de l'arrière-pays.

Les comptages préliminaires montrent à la base une prédominance des *Typha* (plus de 50 %) sur les *Gramineae* (20 à 30 %) et les *Cyperaceae* (10 à 25 %). *Typha*, plante héliophyte, pionnière des marécages ou du littoral fluvial, est connue au Sénégal pour sa résistance à un degré de salure élevé (TROCHAIN, 1940) et sa grande productivité pollinique (MALEY, 1981). Autour de 0,9 à 1 mètre, la prédominance des *Typha* s'inverse au profit de celle des *Gramineae*. La *Typhaie* vivant dans les eaux stagnantes peu profondes évolue vers une prairie plus ou moins marécageuse indiquant ainsi une régression des étendues lacustres. Étant donné le taux de sédimentation de 0,5 mm/an, cette évolution sort du cadre saisonnier. Sa signification climatique pourrait être révélée par une analyse pollinique détaillée, plus approfondie.

La présence de pollens de *Rhizophora* (3,5 %) dans le niveau à 95 cm de la petite carotte, associée à une prédominance des *Gramineae* (60 %) accompagnée des *Cyperaceae* (10 %) et *Typha* (10 %) souligne l'influence de la remontée des eaux marines.

Les diatomées

A plusieurs reprises COGELS X. et GAC J.-Y. (1981-1982), dans leur étude sur l'évolution géochimique du lac de Guiers ont souligné le comportement singulier de la silice en solution. Contrairement à tous les autres éléments, dont les teneurs augmentent dans des proportions considérables (plus de 1 000 fois pour le chlore et le sodium) au cours de la concentration des eaux du lac par évaporation, la silice dissoute présente une véritable « inertie » à l'évolution hydrogéochimique du milieu : la teneur en silice dissoute reste comprise entre 8 et 30 mg/l. L'activité et le développement des diatomées au début du réchauffement des eaux est un phénomène connu

(GRAS R., ILLIS A., LÉVÊQUE-DUWATT S., 1967) et des corrélations inverses ont été établies dans le lac Tchad entre les teneurs en silice dissoute et l'accroissement de la biomasse en diatomées (ILLIS A., LEMOALLE J., 1975 ; CARMOUZE J.-P., 1976 ; LEMOALLE J., 1978).

Les résultats sur les diatomées présentées dans les tableaux II et III (en annexe) proviennent d'une observation rapide sur frottis. Quelques faits peuvent cependant être dégagés :

— ce lac est resté un lac d'eau peu profonde, comme l'atteste dans les deux sondages, la présence de Pennales, épiphytes et benthiques sur les Centrales planctoniques. Pendant le dépôt du niveau 0,80 m du grand sondage, le lac a connu une profondeur maximum comme l'indique la présence en abondance de *Melosira* et *Cyclotella*. Le caractère peu profond de cette nappe d'eau a permis la colonisation du milieu par une abondante végétation d'hydrophytes supérieurs comme le suggère la présence de phytolithaires de formes variées dans les sédiments ;

— les associations de diatomées indiquent de profondes modifications de la paléosalinité (fig. 6). Il y a alternance d'espèces halophobes, acidophiles (*Pinnularia* et *Eunotia*), oligohalines, alcaliphiles (*Fragilaria* et *Synedra*) et d'une flore composée par des espèces oligo à mésohalobes comme *Campylo-discus clypeus* et *Nitzschia punctata*. Il semble donc que si la profondeur est demeurée sensiblement constante, en revanche la paléosalinité a connu de grands changements. D'un milieu d'eau douce typique, la salinité a pu atteindre des valeurs assez élevées en relation avec d'importantes variations climatiques.

CONCLUSIONS

L'étude préliminaire de deux sondages peu profonds dans les sédiments holocène du lac de Guiers permet de faire ressortir les points suivants :

— aucune figure de sédimentation fine n'est visible (pas d'arrangements des minéraux, pas de varves et absence de stratifications d'ordre millimétrique) ;

— les méthodes analytiques utilisées ne permettent pas de mettre en évidence les variations saisonnières ni un cycle de variations climatiques de plus longue période (décennales ou pluridécennales) ;

— des changements de faciès sont cependant visibles et caractérisent des unités de 10 à 15 cm d'épaisseur. Ces modifications lithologiques sont marquées par la microfaune et la variation d'intensité du champ magnétique ;

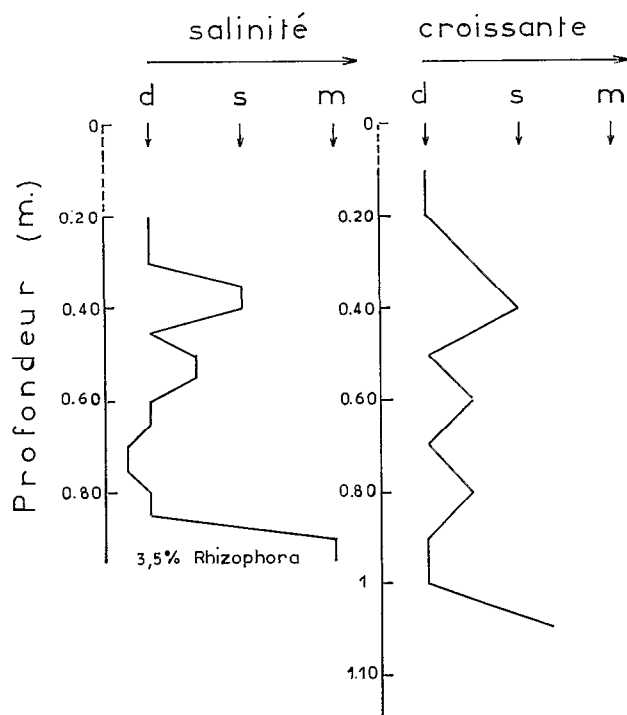


Fig. 6. — Estimation de la paléosalinité d'après l'observation des associations de diatomées (d : eau douce ; s : eau saumâtre ; m : eau salée).

— les sédiments du lac de Guiers sont constitués de sable, de vase, d'argile et d'une importante phase organique. Dans les sédiments superficiels, trois types de minéraux phylliteux dominent dans la

phase argileuse : la kaolinite, la montmorillonite et l'illite ;

— la reconnaissance des peuplements végétaux et la caractérisation de la flore diatomitique témoignent des variations intervenues dans l'environnement sédimentaire et le paysage lacustre au cours de l'Holocène. Ces variations ont eu pour origine des changements climatiques et/ou de brusques oscillations du niveau de base des nappes phréatiques ou plus simplement une modification importante dans le régime des apports fluviaux ;

— les associations de diatomées rencontrées à la base de la colonne de sédiment caractérisent des espèces marines ou ne vivant que dans des eaux très salées. Les eaux du nord du lac sont douces toute l'année. Le degré de salinité exigé par les diatomées ne pourrait y être atteint que sous des conditions climatiques marquées par une extrême aridité et à leur maintien sur une longue période de temps. Bien que cette possibilité ne soit pas à exclure, il paraît plus vraisemblable d'admettre que la formation rencontrée corresponde à l'invasion saline reconnue par MONTEILLET *et al.* (1981) dans la vallée du Ferlo et datée de 1500 à 1800 B.P. Dans cette hypothèse la valeur moyenne du taux de sédimentation dans le lac de Guiers peut être évaluée à 0,5 mm/an.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les spécialistes R. BONNEFILLE, G. RIOLLET et S. SERVANT-VILDARY de leur précieux concours et de leur aide pour l'étude des pollens et des diatomées.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M., le 21 avril 1982.

BIBLIOGRAPHIE

- BLOT (A.), 1980. — L'altération climatique des massifs de granite du Sénégal. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 114, 434 p.
- CARMOUZE (J.-P.), 1976. — La régulation hydrogéochimique du lac Tchad. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 58, 421 p.
- COGELS (F. X.) et GAG (J. Y.), 1981-1982. — Le lac de Guiers : fonctionnement, bilans hydriques. Évaporation d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne (Sénégal). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. XII, n° 1 : 41-60.
- COGELS (F. X.) et GAG (J. Y.), 1982. — Vitesse de sédimentation dans le lac de Guiers (Sénégal). In press.
- GAG (J. Y.), 1979. — Géochimie du bassin du lac Tchad. Bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 123, 251 p.
- GRAS (R.), ILLIS (A.), LÉVÊQUE-DUWAT (S.), 1967. — Le plancton du Bas-Chari et de la partie est du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. I, nos 1-4 : 25-100.
- ILLIS (A.), LEMOALLE (J.), 1975. — Un plancton à diatomées à Bol (lac Tchad) en 1973. *O.R.S.T.O.M.*, N°Djaména, 21 p. *multigr.*
- KOVACHEVA (M.), 1980. — Summarized result of the archeomagnetic investigation of the geomagnetic field variation for the last 8000 yr in south-eastern Europe. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, n° 61 : 57-64.
- LEMOALLE (J.), 1978. — Relations silice-diatomées dans le lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XII, n° 2 : 137-142.

- LENOIR (F.), 1972. — Exportation chimique d'un bassin intertropical (le Bandama, Côte d'Ivoire). Influence des conditions hydrologiques. Thèse Sci., Nice, O.R.S.T.O.M., 335 p., *multi-gr.*
- MALEY (J.), 1981. — Études palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 129, 586 p.
- MICHEL (P.), 1973. — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Étude géomorphologique. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 63, 1168 p.
- MONNET (C.), 1972. — Contribution à l'étude de la dynamique et de la nature des suspensions d'un fleuve intertropical, le Bandama, Côte d'Ivoire. Évolution des éléments chimiques des eaux de son estuaire. Thèse Sci., Nice, O.R.S.T.O.M., 427 p.
- MONTEILLET (J.), FAURE (H.), PIRAZZOLI (P. A.), RAVISE (A.), 1981. — L'invasion saline du Ferlo (Sénégal) à l'holocène supérieur (1900 B.P.). *Paleoecology of Africa*, vol. 13 : 205-215.
- ROCHE (M. A.), 1973. — Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 117, 383 p.
- TROCHAIN (J.), 1940. — Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Thèse Paris, Librairie Larose, 433 p.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1978. — Étude des diatomées et paléolimnologie du bassin tchadien au Cénozoïque supérieur. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 84, 346 p.
- SKINNER (N. J.), ILES (W.) and BROCK (A.), 1975. — The recent secular variation of declinaison and inclination in Kenya. *Earth and Planetary Sci. Letters*, n° 25 : 338-346.
- VASSAL (J.), 1982. — Les variations du champ magnétique à M'Bour (Sénégal) et Bangui (Centrafrique) entre 1955 et 1981 (sous presse).

ANNEXE

TABLEAU II

Répartition des espèces de diatomées dans le petit sondage de la zone nord du lac de Guiers

Profondeur (m.)	Observations des frottis
0,18	spicules d'éponge, phytolites, quelques diatomées : <i>Fragilaria</i> .
0,20	spicules, phytolites, diatomées : <i>Fragilaria Construens</i> (vit en eau douce, zone littorale).
0,25	spicules, phytolites, nombreux fragments de diatomées : <i>Fragilaria</i> sp., débris végétaux.
0,30	spicules, matière organique diffuse, très peu de diatomées : fragments de <i>Melosira</i> .
0,35	phytolites, débris végétaux, nombreuses espèces de diatomées : <i>Coscinodiscus</i> sp., <i>Synedra</i> sp., <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Nitzschia punctata</i> (milieu saumâtre, peu profond).
0,40	spicules, débris végétaux, quelques diatomées : <i>Surirella</i> sp., <i>Nitzschia</i> sp., <i>Coscinodiscus</i> sp. (milieu légèrement saumâtre).
0,45	nombreux débris végétaux, nombreuses diatomées : <i>Melosira</i> sp., <i>Pinnularia</i> sp., <i>Nitzschia</i> sp., <i>Cymbella</i> sp., <i>Gomphonema</i> sp. (eau douce).
0,50	phytolites, spicules, matière organique diffuse. Très nombreuses diatomées : <i>Surirella</i> , <i>Nitzschia</i> palea, <i>Melosira</i> sp. (mélange eau douce - eau saumâtre).
0,55	nombreuses espèces de diatomées (<i>idem</i> 0,50 m).
0,60	débris végétaux, spicules, nombreuses diatomées : <i>Navicula</i> sp., <i>Melosira</i> sp., <i>Pinnularia</i> sp., <i>Cyclotella</i> sp., <i>Gomphonema</i> sp. (eau douce, zone littorale peu profonde).
0,65	spicules d'éponge, phytolites, diatomées : <i>Pinnularia</i> sp. en grande quantité (eau douce, milieu peu profond).
0,70	très nombreuses spicules, diatomées : <i>Nitzschia</i> en abondance, <i>Gomphonema</i> sp., <i>Eunotia</i> sp. (eau douce, pH acide).
0,75	spicules, débris végétaux, pollens, diatomées : abondance d' <i>Eunotia</i> sp. eau douce, pH acide).
0,80	quelques phytolites et spicules, diatomées rares : <i>Cyclotella</i> .
0,85	<i>idem</i> à 0,80 m.
0,90	spicules, diatomées : <i>Hyalodiscus</i> sp., <i>Cyclotella striata</i> (eau très salée, influence marine ?).
0,95	<i>idem</i> à 0,90 m.

TABLEAU III

Répartition des espèces de diatomées dans la grande carotte de la zone centrale du lac de Guiers

Profondeur (m.)	Observations des frottis
0,10	phytolites, pollens, quelques diatomées : <i>Fragilaria</i> .
0,20	nombreuses diatomées : exclusivement <i>Fragilaria</i> .
0,30	nombreuses espèces de diatomées : <i>Fragilaria construens</i> (dominante), quelques <i>Coscinodiscus</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Gomphonema</i> (mélange d'espèces d'eau douce et d'eau salée).
0,40	très nombreuses diatomées : <i>Nitzschia</i> (dominante), <i>Surirella</i> , <i>Fragilaria</i> , <i>Gyrosigma</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Gomphonema</i> , <i>Melosira</i> , <i>Cyclotella</i> , <i>Coscinodiscus</i> (lac en fin ou en début d'évolution, milieu peu profond et relativement salé).
0,50	fragments de <i>Fragilaria</i> .
0,60	très nombreux pollens et fragments d'insectes, quelques phytolites en forme d'haltère (<i>Typha</i>), très peu de diatomées : <i>Fragilaria</i> .
0,70	nombreuses espèces de diatomées : <i>Fragilaria</i> (dominante), individu souvent brisé (milieu agité, zone littorale ?).
0,80	très riche en diatomées : <i>Melosira</i> et <i>Cyclotella</i> (dominantes), <i>Nitzschia</i> , <i>Eunotia</i> , <i>Synedra</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Anomoeoneis</i> . Mélange de flore d'eau douce acide (<i>Eunotia</i> , <i>Pinnularia</i>) et oligotrophe (<i>Cyclotella ocellata</i>) et d'eau saumâtre à pH alcalin (<i>Anomoeoneis</i> , <i>Nitzschia</i>).
0,90	nombreuses espèces de diatomées : <i>Melosira</i> , <i>Cyclotella</i> , <i>Nitzschia</i> , fragments de <i>Surirella</i> .
1,00	quartz grossier, absence de diatomées, à la base nombreux pollens et quelques phytolites.
1,10	nombreux pollens (<i>Typha</i> dominant), spicules, abondance de spicules, quelques rares diatomées : <i>Cyclotella striata</i> , <i>Campylodiscus clypeus</i> , <i>Terpsinoe</i> sp.
1,20	spicules de spongiaire.
1,30	spicules, phytolites, absence de diatomées.
1,35	<i>idem</i> à 1,30 m.