

sont descendus de 1 000 m au moins pendant le Quaternaire). Les âges au  $C^{14}$  déterminés par Fontes viennent de montrer que le dernier grand lac quaternaire date du Tardiglaciaire : il se situe à la fin de la dernière glaciation. Cette coïncidence laisse présumer que les eaux de fonte des glaciers

ont certainement participé activement à l'alimentation du lac.

Ces considérations montrent que *les lacs quaternaires du Tchad sont sans aucun doute des lacs pluviaux. Il n'est pas sûr qu'il en soit de même pour les lacs de l'Altiplano.*

\*  
\* \*

**J. MALEY. — Analyses polliniques et paléoclimatologie des 12 derniers millénaires du bassin du Tchad (Afrique Centrale).**

Pollen analyses and paleoclimatology in the last twelve millenarries in Tchadian basin (Central Africa).

Пыльцевые анализы и палеоклиматология последних 12-ти тысячелетий Ча́дского бассейна (Центральная Африка).

Les sédiments étudiés proviennent de coupes situées entre 14°E-18°E et 13°N-15°N, datées par le 14 C (travaux géologiques de M. SERVANT et S. SERVANT pour les diatomées).

— De ca. 20 000 à ca. 13 000 ans B.P., au cours d'une phase hyperaride, un grand erg s'est étendu jusque vers 10°N, soit un décalage d'environ 700 km par rapport à l'actuel.

— De ca. 13 000 à ca. 9 200 se situe une phase transitoire au cours de laquelle s'est produite 3 transgressions lacustres de faible ampleur, séparées par de courtes périodes arides. Durant ces transgressions on assiste à l'apparition progressive de la végétation sahélienne.

— De ca. 9 200 à ca. 4 000 se situent des niveaux lacustres hauts à très hauts. La période s'étendant de ca. 9 200 à l'actuel a été étudiée sur une coupe de référence de 7,80 m (2 14 C vers la base) à Tjeri (13°44'N-16°30'E). Les échantillons sont espacés de 10 ou 20 cm et il a été compté de 1 000 à 4 000 pollens par échantillons (46). Les pollens proviennent de l'ensemble du bassin. Les spectres ont été subdivisés en éléments phytogéographiques soudano-guinéen, soudanien, sahélien, montagnard (Tibesti) un groupe de plantes hygrophiles, etc. (1). La datation approchée des niveaux est établie par corrélations stratigraphiques des événements remarquables (transgressions, régressions, etc.) et par les vitesses de sédimentation. Les résultats ainsi obtenus sont apparemment très cohérents. Les diatomées

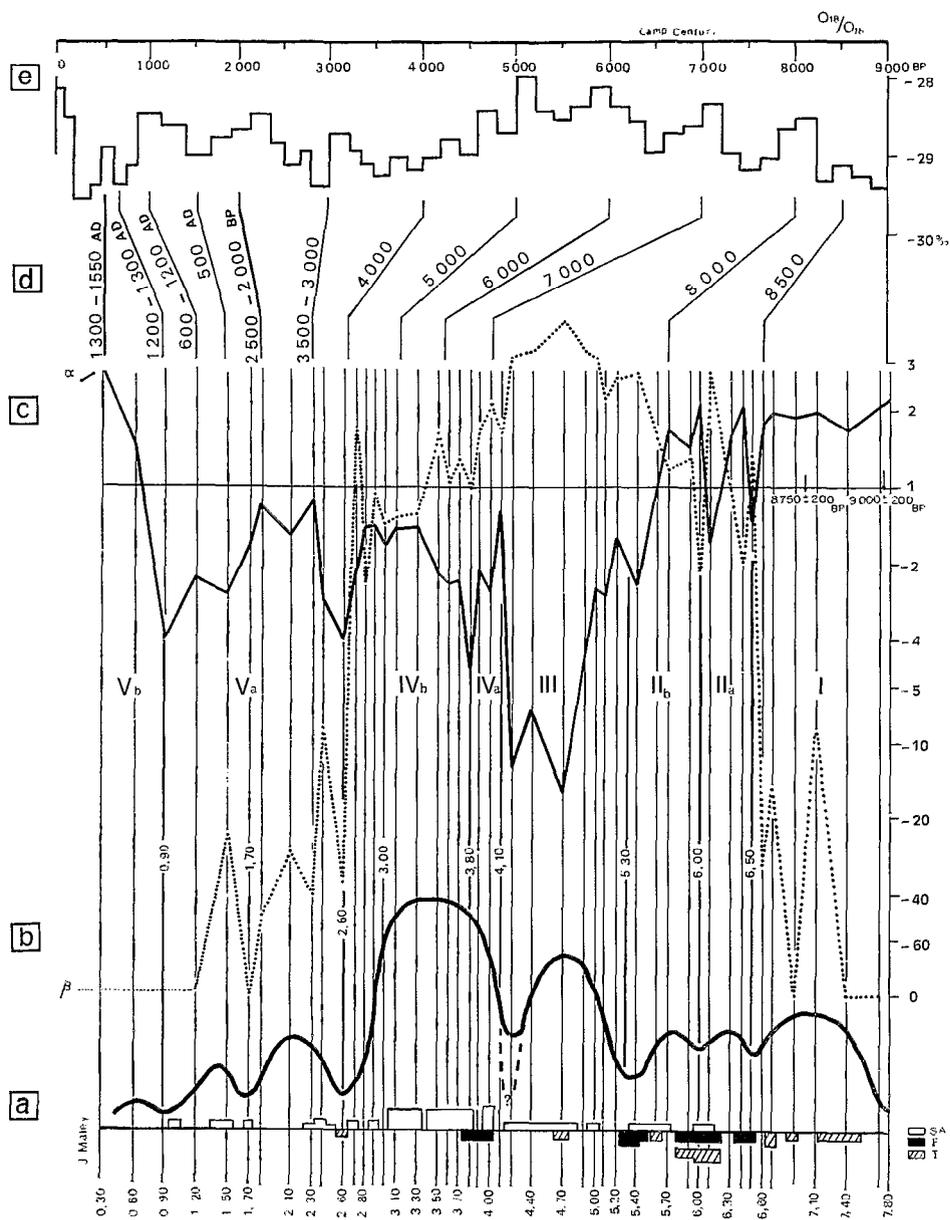
(S. SERVANT, 1970 et 1977) indiquent les régressions, la salinité des eaux et leurs températures qui ont été relativement fraîches jusque vers 7 000 ans, etc. Il y a un très bon accord entre les données polliniques et les diatomées.

La comparaison des différentes courbes polliniques (% relatifs) montrent que l'élément sahélien a eu une évolution en général opposée à celle de l'él. soudano-guinéen et dans une moindre mesure à celle de l'él. soudanien. Il en résulte que la 1<sup>re</sup> transgression (ca. 9 200-8 500) est due essentiellement à des pluies locales avec quelques apports fluviaux venant du Sud et du Nord (Tibesti). La 2<sup>e</sup> transgression (ca. 8 400-7 800) voit les apports fluviaux méridionaux augmenter nettement. Une assez grande variabilité climatique semble prévaloir à cette époque. La 3<sup>e</sup> transgression (ca. 7 700-7 300) est particulière. Localement les conditions deviennent désertiques : presque toute l'alimentation est alors due à la zone soudano-guinéenne, car l'aridité a touché aussi la zone soudanienne et le Tibesti. La 4<sup>e</sup> transgression (ca. 7 000-5 000) est due au début à l'influence conjuguée de tous les apports locaux et lointains. Les apports du Tibesti, après un maximum entre ca. 7 200-6 600, cessent complètement après ca. 5 500. Une longue régression se produit de ca. 5 000 à 4 000. Deux optima sahéliens se situent entre ca. 3 500 et 2 000 ans. Enfin il ressort d'études polliniques sur le dernier millénaire (2) que, par comparaison avec le reste de l'Holocène, cette période a été en général favorable à la végétation sahélienne et que le siècle actuel correspond à une période relativement favorable.

La courbe de l'él. sahélien présente de bonnes corrélations (les amplitudes étant différentes) avec des courbes générales des températures (courbe de « Camp Century », courbes eustatiques de Fairbridge, Ters, etc.) (cf. fig.). Sur cette base, on peut conclure que au cours de l'Holocène et jusqu'à l'actuel, les optima sahéliens ont été en phase avec les périodes de réchauffement et que les optima de la zone

(1) J. MALEY, 1972. La sédimentation pollinique actuelle dans la zone du lac Tchad (Afrique Centrale). *Pollen et Spores*, vol. 14 (3), p. 263-307.

(2) J. MALEY, 1973. Mécanisme des changements climatiques aux basses latitudes. *Palaeogeography Paleoclimatology, Palaeoecology*, vol. 14 (3), p. 193-227.



Évolution comparée, de bas en haut : (a) Niveaux lacustres relatifs d'après les diatomées (travaux de S. SERVANT : fig. 5 in M. et S. SERVANT, 1970 ; Thèse Sc., Paris, 1977 ; comm. pers.). Le ? à 4,20 m est une interprétation de l'auteur (cf. réf. 4). Une brève régression est aussi probable à 3,80 m vers 6600 BP. Quelques diatomées écologiquement importantes : SA, *Stephanodiscus astrea* var. *minutula* ; F, *Cymatopleura elliptica* ; T, *Cyclotella ocellata*. (b) trait pointillé ; courbe pollinique de l'Élément Soudano-Guinéen (% relatifs, moyenne : 20,2 %). β : pourcentage actuel (2 échantillons). (c) trait plein ; courbe pollinique de l'Élément Sahélien (% relatifs, moyenne : 33,9 %). α : pourcentage actuel (2 échantillons). Ces deux courbes (b et c) ont été construites en utilisant le rapport à la moyenne (valeur 1) de chacun des pourcentages de ces deux éléments pour l'ensemble des niveaux étudiés. Les ordonnées sont logarithmiques ; sur cette échelle, la valeur 0 a été fixée arbitrairement à — 100. Ce procédé permet une comparaison directe de l'évolution des tendances. (d) Chronologie partiellement reconstituée d'après diverses corrélations régionales. Vers la base deux datations radiométriques ; à 7,75 m :  $9000 \pm 200$  BP et à 7 m :  $8750 \pm 200$  BP. (e) Courbe schématique du rapport  $^{18}O/^{16}O$  de la carotte de glace de Camp Century (Groenland), imitée de M. TERS (1973, tabl. 1) ; de 9000 à 1700 BP, d'après S. J. JOHNSEN *et al.* (1972, fig. 6) et de 1700 BP à l'actuel d'après W. DANSGAARD *et al.* (1969, fig. 2). Pour la bibliographie cf. réf. 4.

soudano-guinéenne, opposés aux premiers, sont en phase avec les périodes de refroidissement. Cette opposition a été difficilement décelable jusqu'à présent sur la bordure méridionale du Sahara, sauf au Sénégal où P. MICHEL l'a mis en évidence entre 8 000 et 6 800. En effet, au cours des périodes de refroidissement l'aridité de la zone sahélienne a pu être masquée dans certaines stratigraphies par des apports fluviaux accrus (et par des remontées régionales de la nappe phréatique consécutives à ces apports) car, du fait des conditions topographiques, il se trouve que le Sénégal, le Niger, le Chari-Logone et le Nil prennent leur source en zone tropicale humide (essentiellement en zone soudano-gui-

néenne) et coulent ensuite vers la zone sahélienne.

Les régressions, souvent brèves jusque vers 5 000 ans, seraient dues, semble-t-il, à des changements rapides à cette époque des principaux apports. Ceci est illustré particulièrement dans les régressions de ca. 8 500-8 400, ca. 7 300-7 000 et ca. 5 000-4 000. Cela pourrait s'expliquer par un changement dans l'équilibre du FIT, en réponse à un changement de l'équilibre thermique global. Il s'agirait en quelque sorte de crises climatiques (1, 2).

L'évolution de l'élément montagnard (Tibesti) s'expliquerait par l'action dominante au début de l'Holocène, et sans doute avant, des dépressions soudano-sahariennes (3) décrites par J. DUBIEF.

\*  
\* \*

Louis MARTIN. — **Le quaternaire marin du littoral de l'État de Sao Paulo (Brésil).**

The marine quaternary of the littoral of state of Sao Paulo (Brazil).

Морской четвертичный побережья штата Сао Паулу (Бразилия).

On rencontre le long du littoral pauliste une série de plaines sédimentaires dont la taille augmente régulièrement du nord vers le sud. Une cartographie de détail, des analyses sédimentologiques et des datations au  $^{14}\text{C}$  nous ont montré que ces plaines étaient formées pour l'essentiel de sédiments marins littoraux quaternaires mis en place au cours des deux derniers grands épisodes transgressifs.

Dans les grandes plaines du sud, les sédiments marins littoraux pléistocènes (vraisemblablement avant-dernière grande transgression) sont très développés. Ils atteignent une altitude maximum de 9-10 mètres. Par contre, dans la moitié nord du littoral, ils sont pratiquement inexistantes. Au contraire on rencontre sur tout le littoral des témoins indiscutables de niveaux marins supérieurs au niveau actuel. Au cours des 6 000 dernières années le niveau moyen relatif a connu plusieurs oscillations :  
— vers 6 200 ans B.P., le niveau moyen était à peu près égal au niveau actuel ;  
— vers 5 000 ans B.P. le niveau relatif de la mer

était supérieur, en certains points de 4,5 m au niveau moyen actuel ;

— vers 3 800 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer était probablement inférieur au niveau moyen actuel ;

— vers 3 200 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer était supérieur, en certains points, d'environ 3 m au niveau moyen actuel ;

— vers 1 800 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer devait être assez proche du niveau moyen actuel.

Les variations relatives du niveau de la mer sont la résultante de phénomènes généraux (eustatiques) et de phénomènes locaux (isostatiques, tectoniques, etc.). On peut admettre que les phénomènes généraux sont les mêmes pour tout le littoral pauliste. Il peut donc sembler intéressant de comparer les courbes de variations du niveau moyen relatif de la mer en divers points du littoral afin de voir si les phénomènes locaux sont mesurables à l'échelle de l'Holocène. Dans l'affirmative on pourra peut-être vérifier que le phénomène de flexure continentale qui semble être à l'origine de la différenciation morphologique entre un littoral nord de submersion et un littoral sud d'émersion s'est poursuivi au cours du Quaternaire récent. Les premiers résultats semblent indiquer que le littoral pauliste a subi un soulèvement différentiel au cours de l'Holocène.

(1) J. MALEY, 1976. — Essai sur le rôle de la zone tropicale dans les changements climatiques ; l'exemple africain. *C.R. Acad. Sc., Paris*, D, t. 283, p. 337-340.

(2) J. MALEY, 1977. Analyses polliniques et paléoclimatologie des 12 derniers millénaires du Bassin du Tchad. *Suppl. Bull. Ass. fr. Et. Quat.*, 50, 1, p. 187-197, édit. par Comité Fr. 10<sup>e</sup> Congrès INQUA, Birmingham (août 1977).

(3) J. MALEY, 1977. Palaeoclimates of Central Sahara during the early Holocene. *Nature* vol. 269, p. 573-577.