

BIBLIOGRAPHIE

- CASANOVA (J.), 1986. — Les stromatolites continentaux : paléo-écologie, paléohydrologie, paléoclimatologie. Application au Rift Gregory. Thèse Doct. État. Fac. Sci. Luminy, Aix-Marseille II.
- EUGSTER (H.P.), 1970. — Chemistry and Origin of the brines of Lake Magadi, Kenya. *Mineral. Soc. America, Spec. pap.*, 3 : 215-255.
- GASSE (F.), 1977. — Evolution of Lac Abhé (Ethiopia, TFAI) from 70 000 Y. B.P., *Nature*, 265 : 42-45.
- GILLESPIE (R.), STREET-PERROTT (F.A.), SWITSUR (R.), 1983. — Post-glacial arid episodes in Ethiopia have implications for climate prediction, *Nature*, 306 : 680-683.
- HAY (R.L.), 1968. — Cherts and its sodium Silicate precursors in Carbonate lakes of East Africa. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 17 : 255-274.
- HILLAIRES-MARCEL (C.), TAIEB (M.), 1985. — Opération : Forages dans le rift est-africain. Rapp. L.G.Q., CNRS, Marseille, 32 p.
- HILLAIRES-MARCEL (C.), CARRO (O.), CASANOVA (J.), 1986. — ¹⁴C and Th/U dating of Pleistocene and Holocene stromatolites from East African paleolakes. *Quaternary Research*, 25 : 312-329.
- HILLAIRES-MARCEL (C.), CASANOVA (J.) (sous presse). — Isotopic Hydrology and paleohydrology of the Magadi (Kenya) - Natron (Tanzania) Basin during the Late Quaternary. *Pal. Pal. Pal.*
- HILLAIRES-MARCEL (C.), CASANOVA (J.) et TAIEB (M.) (sous presse). — Isotopic age and lacustrine environments during late quaternary in the Tanzanian Rift (lake Nation). In "Climate : History, Periodicity and Predictability" M.R. RAMPINO, J.E. SANDERS, W.S. NEWMAN, L.K. KONIGSSON (eds.). Van Nostrand Reinhold Co.
- KUTZBACH (J.E.), STREET-PERROTT (F.A.), 1985. — Milankovitch forcing of fluctuations in the level of tropical lakes from 18 to 0 KYR B.P. *Nature*, 317 : 130-134.
- LEZINE (M.), BONNEFILLE (R.), 1982. — Diagramme pollinique holocène d'un sondage du lac Abiyata (Éthiopie), 7°42' N). *Pollen et Spores*, XXIV, 3-4 : 463-480.
- RENAUT (R.W.), 1982. — Late quaternary geology of the Lake Bogoria fault-trough, Kenya Rift Valley. Ph.D. thesis. Univ. London, 498 p.
- RICHARDSON (J.L.), RICHARDSON (A.E.), 1972. — History of an African rift lake and its climatic implications. *Ecol. Monogr.*, 42 : 499-534.
- STOFFERS (P.), HOLDSHIP (S.A.), 1975. — Diagenesis of sediments in an alkaline lake : Lake Manyara (Tanzania). IXth Intern Congr. Sedim. : 211-218.
- STREET (F.A.), 1979. — Late Quaternary Lakes in the Ziway-Shala Basin, Southern Ethiopia. Thèse Univ. Cambridge (U.K.) non publiée.
- TAIEB (M.), 1983. — Bassins sédimentaires cénozoïques du rift est-africain. In : Bassins sédimentaires en Afrique. Résum. Comm. Séance spéciale S.G.F., Marseille, mars 1983. (Trav. Lab. Sci. Terre, Marseille St-Jérôme, A 15 : 89-90).
- TIERCELIN (J.J.), 1981. — Rifts continentaux : Tectonique, climats, sédiments. Exemples : la sédimentation dans le nord du Rift Gregory (Kenya) et dans le Rift de l'afar (Éthiopie) depuis le Miocène. Thèse Doct. État, Sciences, Univ. Aix-Marseille II, 260 p.
- VINCENS (A.), CASANOVA (J.), TIERCELIN (J.J.), 1986. — Palaeolimnology of Lake Bogoria (Kenya) during the 4 500 B.P. high lacustrine phase. In : FROSTICK L.E. et al. (eds.), "Sedimentation in the African Rift". *Geological Society Spec. Publ.* 23 : 315-322.

Progrès récents dans l'étude des séries continues d'Afrique orientale et centrale pour les derniers 30 000 ans

R: BONNEFILLE ⁽¹⁾, G. RIOLLET ⁽¹⁾

En Afrique orientale, de nombreux travaux ont mis en évidence l'existence de variations climatiques durant l'Holocène et le Pléistocène supérieur. Pour la période antérieure à 20 000 ans B.P., les témoins des anciens affleurements lacustres sont rares, dispersés, difficiles à corréler entre eux. Les datations obtenues sur des matériaux différents (carbonates, matière organique, charbon de bois...) ne permettent pas d'établir avec précision la contemporanéité des dépôts.

LES SÉRIES D'ÂGE > 30 000 ANS B.P.

En Afrique intertropicale, la période correspondant au maximum du froid des régions tempérées est celle où l'on enregistre les niveaux lacustres les plus bas qui

n'ont pas laissé de témoins sur les affleurements. Pour l'étude de la dynamique climatique, la compréhension de cette période est importante parce qu'elle représente des conditions extrêmes. Des progrès ne peuvent être réalisés que par l'obtention de séries continues résultant de sondages dans des lacs et dans des tourbières ou marécages de haute altitude.

Au cours des cinq dernières années, de nouvelles séquences ont été obtenues entre 10° Nord et 10° Sud, respectivement pour le lac Abiyata en Éthiopie (BONNEFILLE et LEZINE, 1982), pour le lac Bogoria au Kenya (VINCENS, 1986) ainsi que pour les tourbières du Rwanda (HAMILTON, 1982). Une calibration détaillée a été fournie par l'obtention de très nombreuses datations ¹⁴C. Elle montre que le caractère continu de la séquence sédimentaire n'est en fait qu'apparent. La

(1) Laboratoire de Géologie du Quaternaire, CNRS, Case 907, Luminy, 13288 Marseille Cedex 2.

séquence du lac Abijata ne contient pas de pollen dans les sédiments correspondant au maximum glaciaire. Celle du lac Bogoria présente une lacune pour cette période alors que la transition glaciaire interglaciaire y est bien représentée. L'Holocène est absent de la séquence du Rwanda.

LA TOURBIÈRE DE KASHIRU, BURUNDI

Nous présentons ici le résumé des résultats qui concernent la séquence pollinique d'un sondage de 10 mètres effectué dans la tourbière de Kashiru (3°28"S, 29°34"E), située à 2 100 mètres d'altitude. Ce sondage a été fait à l'aide d'une sonde couramment utilisée en Europe par le laboratoire de Palynologie du Professeur PONS. Le carottage s'effectue par tronçons de 50 cm qui sont prélevés alternativement dans deux trous distants de 20 cm, de façon à ne perdre aucune

information. 13 datations ¹⁴C ont été réalisées qui permettent d'attribuer un âge supérieur à 30 000 ans pour le niveau situé à 725 cm, ce qui laisse penser que la base de la carotte pourrait se situer aux environs de 50 000 ans B.P. La carotte a été échantillonnée tous les 2,5 cm et pas moins de 78 niveaux ont été analysés pour lesquels plus de 500 pollens ont été comptés. Ce travail a abouti à l'identification de 157 taxa dont 60 peuvent être attribués à des arbres. Les résultats détaillés de ces analyses ont été données dans une précédente publication (BONNEFILLE et RIOLLET, sous presse).

L'INTERPRÉTATION PALÉOCLIMATIQUE

La figure 1 reproduit le diagramme synthétique qui présente les pourcentages relatifs des pollens d'arbres comparés à ceux des plantes herbacées. Ces

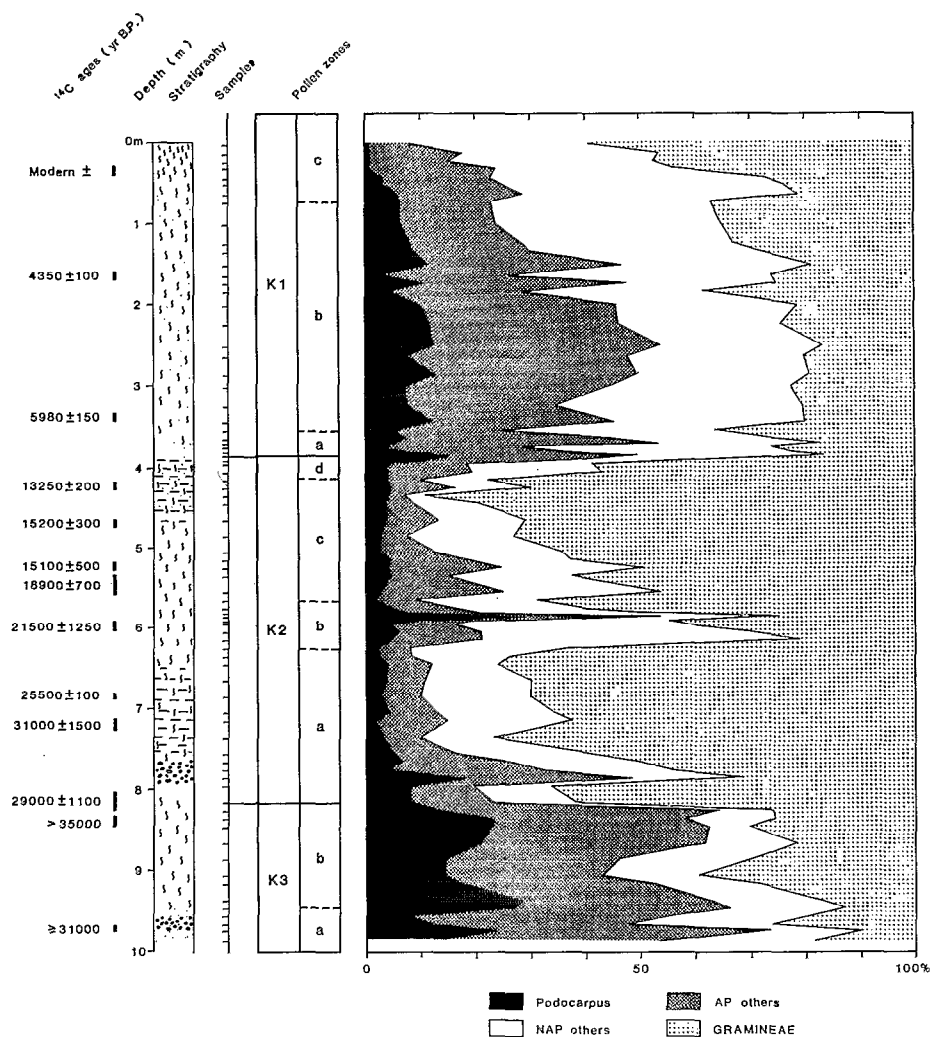


Fig. 1. — Diagramme pollinique synthétique de la tourbière de Kashiru (2 104 m), Burundi.

pourcentages ont été calculés en excluant de la somme pollinique les plantes aquatiques ainsi que les spores de Ptéridophytes qui correspondent à la végétation locale du marécage. A l'intérieur de la courbe des pollens d'arbres, a été distinguée la courbe du *Podocarpus*, composant principal de la forêt de Conifères de montagne. Les graminées constituent la majorité des pollens d'herbacées.

Le diagramme pollinique de la figure 1 montre nettement que deux phases forestières encadrent une période de développement des pelouses afroalpines comprise entre $13\,250 \pm 200$ ans B.P. et $29\,000 \pm 1\,100$ ans B.P. Les deux périodes forestières ne sont pas équivalentes. Celle qui est antérieure à 30 000 ans contient davantage de *Podocarpus* que celle qui correspond à l'Holocène. L'interprétation paléoclimatique met en évidence une phase froide et sèche pendant le maximum glaciaire. Elle est conforme à la première interprétation proposée pour la séquence du Mont Kenya par E.M. VAN ZINDEREN BAKKER et J.A. COETZEE (1967). La période froide fut précédée, avant 30 000 ans B.P., par une phase plus humide mais presque aussi froide au cours de laquelle les forêts de Conifères et de la limite supérieure des arbres marquée par les pourcentages importants de *Cliffortia* et des Ericacées sont descendus jusqu'à 2 000 m.

En liaison avec le réchauffement et un climat plus humide, la remontée des pollens d'arbres s'effectue dès $13\,250 \pm 200$ ans, avec un maximum atteint entre 10 000 et 8 000 ans B.P. Dans la séquence de Kashiru, l'Holocène inférieur est très condensé, ce qui ne permet pas pour le moment de dire avec plus de précision où se situe le maximum humide. L'épisode à 6 000 ans B.P. semble aussi humide que l'Holocène inférieur à en juger par la composition des forêts.

LA PHASE HUMIDE À $21\,500 \pm 1\,250$ ANS B.P.

D'un intérêt tout particulier est la mise en évidence dans la carotte de Kashiru d'une extension importante mais brève de la forêt de montagne, datée de $21\,500 \pm 1\,250$ ans B.P. Cette extension est synchrone d'une augmentation des pollens de *Potamogeton*, plante aquatique immergée qui indique qu'un plan

d'eau libre a succédé à la tourbière. Il s'agit donc d'un épisode humide ayant lieu à l'intérieur de la période froide et sèche du maximum glaciaire. Une phase de haut niveau lacustre a été repérée entre 23 000 et 25 000 ans B.P. par différents auteurs depuis le Sahara (FAURE, 1969), le Tchad (SERVANT, 1973), jusqu'en Afrique orientale (ISAAC, 1976) (GASSE et DELIBRIAS, 1977) (STREET, 1979) (STREET A. and STREET-PERROTT, 1982). Mais son existence réelle avait été mise en doute, par suite de son absence au lac Turkana, de l'incertitude des âges obtenus sur les carbonates, et par le manque d'évidences autres que les affleurements (BUTZER, 1979). La séquence de Kashiru qui en apporte la preuve par les pollens témoigne indiscutablement de l'existence d'une phase humide entre 23 000 et 20 000 ans B.P. Elle permet non seulement d'en confirmer la réalité conformément aux données relatives des hauts niveaux lacustres mais, en plus, de distinguer très nettement cette phase de celle supérieure à 30 000 ans B.P., reconnue pour la première fois au Tchad (SERVANT, 1973) puis dans le lac Abhe (GASSE, 1977).

La séquence de Kashiru est située en Afrique centrale, sur la crête Zaïre-Nil, ligne de partage des eaux entre le bassin du Zaïre et celui du Nil. Il est intéressant de la comparer avec les résultats des analyses des sondages marins qui ont été réalisés dans l'Atlantique et la Méditerranée à l'embouchure respective de ces deux grands fleuves. L'épisode humide K2b de la tourbière de Kashiru est contemporain du dépôt de tourbe du delta du Congo (CARATINI et GRESSE, 1979) et de celui du sapropel S2 de la Méditerranée orientale (CITA *et al.*, 1977). L'utilisation du taux moyen de sédimentation dans la séquence continue de Kashiru permet d'évaluer à 3 000 ans la durée de la phase humide, durée comprise entre 500 à 4 500 ans si l'on tient compte de l'épaisseur d'échantillonnage et de la marge d'erreur des datations ^{14}C . Cet épisode humide est donc situé très précisément dans la fourchette 20 à 23 000 ans B.P. Sa brièveté explique que, dans certains cas, les témoins en affleurement aient pu disparaître par érosion au cours de la période correspondant au maximum glaciaire. Elle permet aussi de comprendre l'extension plus restreinte du sapropel S2 de la Méditerranée par rapport à ceux plus récents de l'Holocène et à ceux qui sont antérieurs à 30 000 ans B.P.

BIBLIOGRAPHIE

- BONNEFILLE (R.), LEZINE (A.M.), 1982. — Évolution des climats dans les zones intertropicales d'Afrique orientale. *1st Meeting R & D Programme in the field of Environment - Climatology sub-programme, Contact group "Reconstitution of past climates"*, Brussels, dec. 1981 - Abstracts : 89-96. - (C.E.E. - XII/CLI/2/82).
- BONNEFILLE (R.), RIOLLET (G.) (sous presse). — The Kashiru pollen sequence (Burundi), paleoclimatic implications for the last 35 000 yr B.P. in the tropics. *Quaternary Research*.

- BUTZER (K.W.), 1976. — The Mursi, Nkalabong and Kibish formations, lower Omo Basin, Ethiopia. In : COPPENS Y. *et al.* (Eds.) - *Earliest man and environment in the lake Rudolf Basin* : 12-23. - Chicago : Univ. Press.
- CARATINI (C.), GRESSE (P.), 1979. — Contribution palynologique à la connaissance des environnements continentaux et marins du Congo à la fin du Quaternaire. *C.R. Acad. Sci. Paris (D)*, 288 : 379-382.
- CITA (M.B.), VERGNAUD-GRAZZINI (C.), ROBERT (C.), CHA-

- MLEY (H.), CIARANFI (N.), D'ONOFRIO (S.), 1977. — Paleoclimatic record of a long deep sea core from the eastern Mediterranean. *Quaternary Research*, 8/2 : 205-235.
- COETZEE (J.A.), 1967. — *Pollen analytical studies in East and Southern Africa*. - Cape Town : Balkema. - (Palaeoecology of Africa. 3).
- FAURE (H.), 1969. Lacs quaternaires du Sahara. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 17 : 131-146.
- GASSE (F.), 1977. — Evolution of lake Abhé (Ethiopia and T.F.A.I.) from 70.000 B.P. *Nature*, 265 : 42-45
- GASSE (F.), DELIBRIAS (G.), 1977. — Les lacs de l'Afar central (Éthiopie et T.F.A.I.) au Pléistocène supérieur. In : HORIE S. (Ed.), *Palaeolimnology of lake Biva and the Japanese Pleistocene*, 4 : 529-575
- HAMILTON (A.), 1982. — *Environmental history of East Africa. A study of the Quaternary*. London : Academic Press, 328 p.
- PERROTT (A.), STREET-PERROTT (F.A.), 1982. — New evidence for a Late Pleistocene wet phase in the northern intertropical Africa. In : COETZEE J.A., VAN ZINDEREN BAKKER E.M. (Eds.), *Palaeoecology of Africa*, 14 : 57-75. Rotterdam : Balkema.
- SERVANT (M.), 1973. — *Séquences continentales et variations climatiques : évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur*. Univ. Paris : Thèse Doct., *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 159, Paris, 1983, 573 p.
- STREET (F.A.), 1979. — *Late Quaternary lakes in the Ziway-Shala basin, southern Ethiopia*. Cambridge Univ. : PhD Thesis.
- VINCENS (A.), 1986. — Diagramme pollinique d'un sondage Pléistocène supérieur-holocène du lac Bogoria-Kenya. *Rev. Palaeobot. Palyno.*, 47 : 169-192.

Végétations holocènes dans le Sahara central

K. NEUMANN, E. SCHULZ⁽¹⁾

INTRODUCTION

Pour définir les climats anciens, on ne dispose que d'un nombre restreint de témoignages directs. Pour pouvoir parler en terme de paléotempérature, il est nécessaire d'essayer de reconstruire les types de paysages et notamment la végétation. C'est seulement une comparaison des résultats obtenus à partir de méthodes diverses qui peut servir de base à des discussions constructives pour interpréter les paléoclimats.

La végétation actuelle du Sahara est limitée au Nord par les « semi-déserts » et au Sud par une zone de transition aux savanes du Sahel. (Carte 1 (MONOD, 1954, SCHULZ, 1986)). Au Niger, deux enclaves de savanes persistent sur les Hauts Plateaux de l'Air et sur les plateaux d'Agadem Homodji vers l'Est, ce qui démontre l'existence d'un seuil écologique de transition, du désert à la savane.

Pendant longtemps, l'existence à l'Holocène d'un seuil de transition désert, savane, ne nous paraissait pas claire, malgré les profonds changements de

paysage mis en évidence par diverses études pédologiques, géomorphologiques, limnologiques ou archéologiques.

LES DONNÉES PALYNOLOGIQUES ET ANTHRACOLOGIQUES

Nous avons obtenu récemment des profils polliniques, dans le Nord du Mali (Taoudenni), dans le Sud-Ouest de la Lybie (Tadrart Acacus, dans le Nord-Est du Niger (Séguédine). Dans le Ténére central (Fachi-Dogombolo) l'étude d'une concentration de charbons de bois apporte des informations paléobotaniques complémentaires. Ces sédiments riches en pollen et en macrorestes se sont déposés pendant une période comprise entre 8 000-6 000 ans B.P., sauf à Taoudenni et à Tadrart Acacus où les sédiments se sont déposés durant une période un peu plus récente. A Taoudenni, Séguédine et Fachi, ce sont des dépôts lacustres ou de sebkhas, situés dans des dépressions fermées, face à des cuestas ; dans l'Acacus, il s'agit de couches intercalées dans des sites archéologiques (PETIT-MAIRE, 1986 ; SCHULZ, 1986).

(1) *Geographisches Inst. Des Universität Würzburg, Würzburg D-8700. RFA.*

LÉGENDE DE LA FIGURE 1

1 : Forêts méditerranéennes (*Quercus, Cedrus, Pistacia, Pinus*, etc.). 2 : Steppes méditerranéennes (*Stipa, Lygeum*). 3 : Végétation côtière et des chotts, à *Chenopodiaceae*. 4 : Semi-désert (*Artemisia, Ephedra, Retama, Chenopodiaceae*). 5 : Végétation contractée désertique (*Acacia, Panicum, Tamarix, Stipagrostis*). 6 : Végétation éphémère. Acheb. 7 : Landes diffuses dans les hautes montagnes du Sahara central (*Artemisia, Ephedra, Pentzia*). 8 : Savane à *Acacia, Commiphora, Rhus*, des hauts Plateaux de l'Air méridional. 9 : Savanes à *Maerua* des Plateaux du Sud-Est du Niger. 10 : Végétation semi-diffuse à *Acacia, Panicum*. Végétation des grands Oueds. 11 : Végétation diffuse à *Acacia, Panicum*. Désert - Savane. 12 : Savane à *Commiphora, Acacia*. 13 : Savane à *Acacia, Leptadenia, Commiphora*. 14 : Savane à *Piliostigma, Bauhinia, Acacia*. 15 : Brousse épineuse (« thorn bush ») à *Acacia* sur les plaines d'inondation autour du lac Tchad. 16 : Savane à *Combretaceae*. 17 : Savane à *Parkia, Butyrospermum, Terminalia*. 18 : Savane à *Isobertinia, Daniellia, Pterocarpus*. 19 : Savane à *Isobertinia, Carissa, Ficus* sur le plateau de Jos. 20 : Savanes et Forêts claires/sèches à *Azefelia, Lophira lanceolata*. 21 : Savanes à *Albizzia, Milletia, Fagara*. 22 : Mosaïque de Savanes et Forêts à *Terminalia, Piptadeniastrum*. 23 : Forêt à *Lophira alata, Piptadeniastrum, Caesalpiniaaceae*. 24 : Savanes et Forêts submontagnardes à *Carapa, Pentadesma, Ficus*. 25 : Forêts et Landes montagnardes à *Adenocarpus, Gnidia, Hypericum*. 26 : Forêts côtières à *Ficus, Celtis, Cynometra*. 27 : Mangroves à *Avicennia, Rhizophora*. 28 : Végétation ripicole dans ces diverses formations. Localisation des sites ① Taoudenni, ② Tadrart Acacus, ③ Seguedine, ④ Fachi Dogombolo, d'après SCHULZ, 1986 b.