

LES VARIATIONS CLIMATIQUES DES RÉGIONS INTERTROPICALES DU CONTINENT AFRICAIN DEPUIS LA FIN DU PLÉISTOCÈNE

M. SERVANT

Mission O.R.S.T.O.M., Ambassade de France, La Paz, Bolivie

Au niveau des tendances générales, l'évolution des climats s'est faite de manière parallèle et approximativement synchrone depuis 18 000 ans B.P. sur de grandes étendues du continent africain aux latitudes intertropicales :

— *Avant 12 000 ans B.P.* : sécheresse généralisée (la limite sud de la zone désertique saharienne est décalée vers l'équateur; la forêt a disparu dans de nombreuses régions).

— *De 12 000 ans à 8 000 ans B.P.* : forte augmentation de l'humidité à toutes les latitudes intertropicales (extensions et hauts niveaux des lacs, réapparition de la forêt); précipitations assez bien étalées sur l'année au Sahara Central et dans le Nord du Bassin du Tchad; températures au moins localement plus basses qu'actuellement.

— *De 8 000 à 0 ans B.P.* : à une brève période sèche (Tchad) succède une phase humide datée de 7 000 - 5 000 ans B.P. identifiée au Sahara et en Afrique orientale (extensions et hauts niveaux lacustres); après 5 000 ans B.P. : sécheresse croissante jusqu'à l'actuel; les climats sont de types tropicaux (saisons contrastées) sur la bordure sud du Sahara.

Chacun de ces stades comprend des variations climatiques mineures qui se succèdent à l'échelle du millénaire. L'extension du domaine géographique où elles se sont produites est encore mal déterminée. Pour les dernières décades, les données chiffrées permettent de définir des changements climatiques de plus faible amplitude.

Replacés dans leur contexte mondial, les résultats disponibles posent le problème de l'organisation du schéma des circulations atmosphériques au cours de chacun des principaux stades de l'évolution des climats aux latitudes intertropicales.

On the level with general tendencies, the climatic evolution was realized in a parallel and approximately synchronized direction on located between tropics very large areas of the african continent since the year 18 000 B.P.

More than 12 000 years B.P. ago : generalized dryness (saharic desert zone southern limit is moved towards the equator; forests disappeared inside a number of areas).

Between the years B.P. 12 000 and 8 000 : moisture high increase at the whole of intertropical latitudes (enlargements and high levels of lakes, reappearance of forests); well enough spread during the year precipitations upon the Central Sahara Desert and on the northern side of the Lake Chad; at least locally, lower than actually temperatures.

Between the years B.P. 8 000 and 0 : to a short dry period (Chad) follows a wet phase dated from the years 7 000-5 000 and identified inside the Sahara Desert and the Eastern Africa (enlargements and high levels of lakes); after the year B.P. 5 000 : increasing until now dryness; climates are of tropical types on the Sahara Desert southern border (seasons that set one another off).

At a millennial scale, each of these stages includes minor climatic variations. The geographic field enlargement where they occurred is yet badly established. As regard to the last periods of ten years, computed values allow to define the lower amplitude climatic changes.

Put back into the world-wide context, the available results set the problem of atmospheric circulations scheme during each main stage of the climatic evolution at the intertropical latitudes.

INTRODUCTION

L'étude des variations climatiques doit en partie ses progrès les plus récents aux méthodes de datation par le ^{14}C qui permettent des comparaisons d'une région à une autre en dehors des concepts théoriques. Compte tenu de toutes les causes d'erreur les données géochronologiques

les plus sûres — et les plus nombreuses — intéressent les vingt derniers millénaires et surtout la période holocène (10 000 — 0 an B.P.).

Les événements datés par le ^{14}C sont toujours des changements paléogéographiques, paléocologiques, paléohydrochimiques, etc. L'interprétation paléoclimatiques de ces différents changements posent généralement des problèmes très complexes qui tiennent à la difficulté d'isoler et d'évaluer

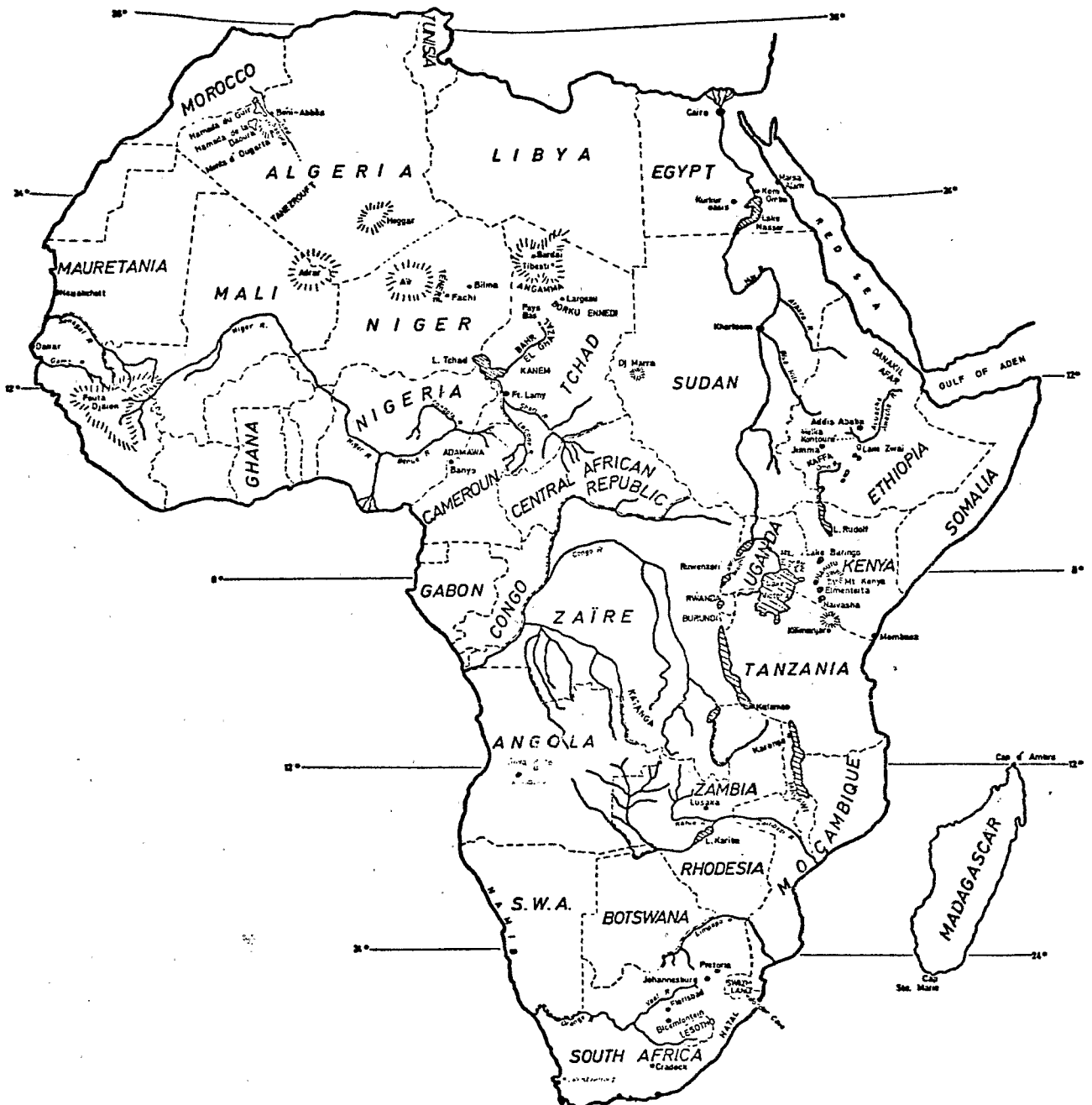


FIG. 1. — Croquis général de localisation.

séparément les nombreux facteurs intervenant dans l'évolution des phénomènes analysés. Les solutions proposées n'aboutissent que très rarement à des données quantitatives.

Les études faites aux latitudes intertropicales n'échappent pas à ces difficultés méthodologiques. Des directions de recherches sont néanmoins définies : nous les évoquerons brièvement. Pour le moment les interprétations paléoclimatiques permettent surtout de définir l'évolution relative des phénomènes au niveau des tendances générales. Elles posent dès à présent et en dehors des conceptions théoriques des problèmes fondamentaux particulièrement dans le domaine des circulations atmosphériques.

1. — QUELQUES EXEMPLES D'APPROCHES MÉTHODOLOGIQUES

1.1. Les variations des niveaux lacustres.

L'analyse stratigraphique, sédimentologique et paléontologique des dépôts lacustres et l'étude des anciennes lignes de rivages permettent de reconstituer les grandes oscillations des lacs africains dont beaucoup sont maintenant asséchés. La figure 2 donne un exemple des variations des niveaux de quelques anciens lacs du bassin du Tchad depuis 12 000 ans. L'interprétation de ces variations doit tenir compte de toutes les conditions locales, et en particulier des facteurs topographiques, qui interviennent dans les bilans hydrologiques. Dans le meilleur des cas, il est possible d'évaluer les variations relatives du rapport pluviosité/évaporation (P/E) à l'intérieur d'une zone géographique déterminée⁽¹⁾. Le principe du raisonnement repose sur l'étude comparée de plusieurs lacs situés dans une même région mais dans des paysages différents : cratères volcaniques, dépressions ou affleure la nappe phréatique, cuvettes alimentées surtout par le ruissellement, nappes lacustres disposant d'un vaste bassin de drainage, etc. (M. Servant, 1973).

1.2. Les modifications de la couverture végétale.

L'interprétation des variations intervenant dans les associations palynologiques des sédiments,

(1) Nous entendons par évaporation la lame d'eau évaporée par unité de surface et de temps sur une surface d'eau libre.

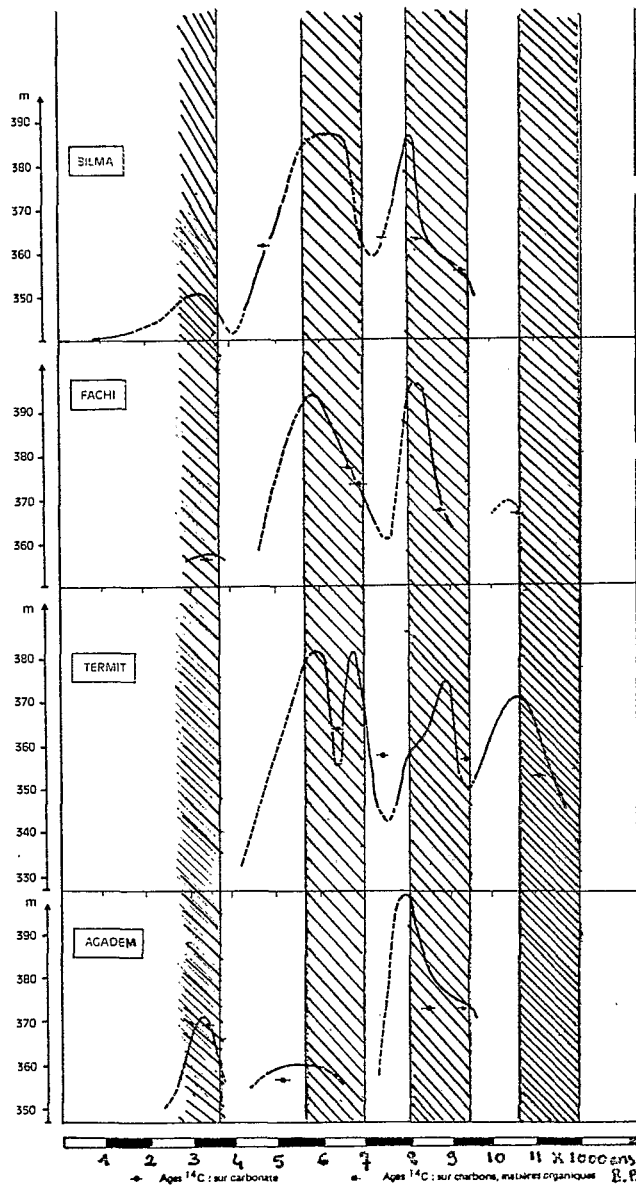


FIG. 2. — Variations depuis 12 000 ans B.P. des niveaux de quelques lacs du Niger oriental (16-18° de lat. N). Ces lacs étaient essentiellement alimentés par le drainage superficiel de bassins peu étendus (de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de km²). (M. Servant, 1973).

peut permettre d'identifier des modifications intervenant dans la couverture végétale. Elle doit être précédée par une étude sur les conditions de sédimentation et de conservation des pollens (Maley 1974, Hamilton 1973). En Afrique orientale, il a été possible de mettre en évidence des déplacements en altitude des zones de végétation. Ces déplacements sont reliés d'une part à des variations de la température moyenne et d'autre part à des variations de pluviosité. L'interprétation s'appuie sur les causes actuelles de la zonation

végétale, parmi lesquelles la température est un facteur dominant (Van Zinderen Bakker et Coetzee 1967).

1.3. Variations des caractères physiques ou chimiques des eaux continentales.

L'analyse des isotopes de l'oxygène des coquilles commence à être appliquée en Afrique tropicale (Fontes *et Al.*, 1967). Mais jusqu'à présent ce sont surtout les études paléocéologiques qui sont les plus fréquentes. Les modifications intervenues dans la paléosalinité des lacs sont définies par l'évolution des associations de diatomées (Richardson 1966, S. Servant 1967, Gasse 1971). Certaines espèces, connues seulement dans les eaux fraîches ou froides, permettent d'identifier des épisodes de refroidissement (M. et S. Servant 1970).

1.4. Les formes de relief.

L'analyse géomorphologique constitue un outil essentiel des études paléoclimatiques. Elle n'est évoquée ici que pour mémoire. Parmi de nombreux exemples possibles, nous citerons les travaux récents de Hurault (1973) au Cameroun méridional vers 6° de latitude nord. Dans cette région, les formes polyconvexes du relief sont globalement caractéristiques d'un climat humide favorable au développement de la forêt. Dans le détail certaines anomalies, tels le profil en U des vallées et les cirques situés en amont des axes hydrographiques, impliquent des mécanismes d'érosion et de sédimentation sous une couverture de savane claire. Il faut donc admettre que la région considérée a connu un épisode de paléoclimat sec avec disparition de la forêt.

2. — LES TRAITS ESSENTIELS DE L'ÉVOLUTION DES CLIMATS

2.1. Un changement paléoclimatique majeur vers 12 000 ans.

La bordure méridionale du Sahara a été affectée, avant 12 000 ans B.P. et sans doute après 20 000 ans, par une sécheresse très accentuée qui a entraîné une extension vers l'équateur du

domaine désertique. Des dunes vives existaient, vers 16 000 ans B.P., jusqu'aux abords de Dakar, de Kano et N'Djamena (Fort-Lamy). Ces paysages arides ont été envahis, vers 12 000 - 11 000 ans B.P., par de nombreux lacs dont l'apparition s'est faite de manière presque simultanée quelles que soient les conditions locales d'alimentation (une bibliographie détaillée sur ce changement paléogéographique peut être consultée dans les thèses de Michel 1969, Hébrard 1972, Servant 1973, et dans une publication récente de Gasse *et Al.*, 1974).

A d'autres latitudes, les études géomorphologiques ou palynologiques faites dans la région du lac Victoria, au Congo occidental, dans le Sud du Cameroun et de la Nigéria, montrent que la forêt avait momentanément disparu pendant une partie du Pléistocène supérieur au profit de la steppe ou de la savane claire; elle s'est rétablie entre 12 000 et 10 000 ans B.P. environ (Kendall 1969, de Ploey 1964, Hurault 1972, Burcke *et Al.* 1971). Les lacs d'Afrique orientale (Rudolf, Nakuru, Magadi, Victoria, etc.) qui se situaient à un niveau très bas avant 12 000 ans B.P. ont connu, aux alentours de cette date une élévation de leurs plans d'eau jusqu'à des altitudes supérieures à celles où ils se situent actuellement (Butzer *et Al.* 1972).

2.2. Les climats humides de la période des 12 000 - 8 000 ans B.P.

L'élévation des niveaux des lacs et les extensions lacustres ont atteint leur maximum vers 8 000 - 9 000 ans B.P. sur toute la bordure sud du Sahara (Faure 1969) et en Afrique orientale (Butzer *et Al.* 1972). A cette époque, et dans l'ensemble de la cuvette du Tchad, la pluviosité était supérieure ou égale à l'évaporation y compris dans les zones actuellement hyperarides (M. Servant 1973). Ce maximum de l'humidité succède à des oscillations climatiques mineures qui commencent à être identifiées. Une phase sèche a été notamment reconnue, vers 10 000 ans, au Tchad (fig. 3) et dans la région du lac Victoria (Kendall 1969).

Les conditions humides se sont largement étendues à l'intérieur du Sahara, dans les massifs, dans l'erg Chech et dans la Saoura (Rognon 1967, Conrad 1969, Hagedorn *et Al.* 1971). Des lacs de cratère existaient vers 8 000 - 9 000 ans B.P., et peut-être dès 14 000 ans, au Tibesti (Kaiser 1972, Faure 1969). Les rivières du versant méridional de ce massif ont participé activement à partir de 9 000 ou 10 000 ans B.P. à l'alimentation du lac qui s'étendait dans les zones les plus déprimées de la cuvette tchadienne (Servant *et Al.*

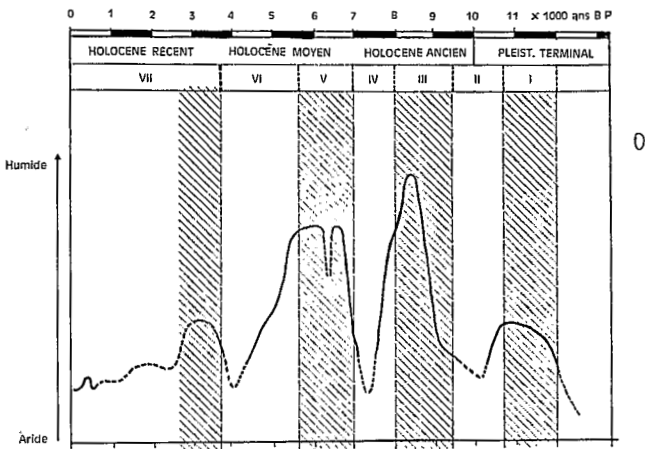


FIG. 3. — Evolution relative du rapport Pluviosité/Évaporation depuis 12 000 ans dans le bassin tchadien vers 14° de lat. N. Cette évolution a été déterminée après une étude comparée des variations des niveaux de plusieurs lacs alimentés surtout par la nappe souterraine, par le ruissellement ou par des fleuves. (M. Servant, 1973, pp. 40-52).

1969). Les études palynologiques révèlent la présence d'une végétation méditerranéenne sur les hauteurs de Hoggar et du Tibesti. Des arguments botaniques laissent penser que cette végétation ne s'est pas implantée dans l'Ennedi (Quezel *et AL.* 1958, Jäkel *et AL.* 1972, Gillet 1967).

Les alluvions fluviales, attribuées à la fin du Pléistocène et au début de l'Holocène, présentent au Hoggar, au Tibesti et dans l'Air des caractères lithologiques particuliers. Ce sont des dépôts fins, bien classés, souvent limoneux et bien stratifiés, ayant une grande extension dans le fond des vallées (Jäkel *et AL.* 1972, Delibrias *et AL.* 1966, Rognon 1967, Servant 1973). Ces caractères impliquent des écoulements dépourvus de fortes crues difficilement concevables dans un climat tropical à saisons contrastées. Il faut au contraire envisager que les pluies n'étaient pas orageuses et qu'elles étaient assez bien étalées sur l'année. Ce régime des précipitations a pu être favorable à une évaporation fortement diminuée ce qui expliquerait, en partie, les fortes valeurs du rapport pluviosité/évaporation dans le bassin tchadien vers 8 000-9 000 ans B.P. La très faible paléosalinité des milieux lacustres de cette époque et surtout la généralité de ce caractère au Tchad et au Niger, laisse en effet présumer que l'évaporation était alors relativement faible (S. Servant, en cours).

La période considérée (12 000-8 000 ans B.P.) correspond à un réchauffement mondial qui a été notamment mis en évidence en Afrique orientale (Van Zinderen Bakker et Coetzee, 1972). En dépit de ce réchauffement il est probable que les températures étaient encore plus basses qu'ac-

tuellement. Dans les montagnes de l'Ouganda, Morison (1968) estime qu'elles étaient inférieures de 4° en moyenne par rapport à l'actuel. Dans les plaines du Tchad et du Niger, S. Servant a découvert des diatomées d'eaux froides dans des dépôts lacustres datés respectivement de 11 740, 10 000 et 8 000 à 9 000 ans B.P. (M. et S. Servant, 1972).

En résumé, les grands changements paléoclimatiques de la fin du Pléistocène ont abouti à l'instauration, sur une grande partie du Continent africain, y compris le Sahara, de climats humides, au moins localement plus froids qu'actuellement et caractérisés, aux latitudes tropicales (Tchad, Sahara central) par des pluies assez bien étalées sur l'année.

2.3. La phase sèche des 7 500 ans et la période des 7 000-5 000 ans B.P.

La période humide précédente s'est terminée, dans le bassin du Tchad, avec l'apparition d'une brève période sèche qui a entraîné un abaissement généralisé des niveaux lacustres entre 8 000 et 7 000 ans B.P. et l'ensablement éolien de certaines vallées des petits massifs du Niger Oriental (Faure 1962, Servant 1967, 1973, Williams 1972). L'extension géographique de cet épisode climatique est encore mal connue : il a été mis en évidence au Sénégal et en Mauritanie (Michel 1967, Hébrard 1972) et il s'est peut-être manifesté au Sahara nord-occidental (Beucher 1971). En Afrique orientale Butzer *et AL.* (1972) signalent aux alentours de 7 000-7 500 ans B.P. un abaissement des lacs Magadi et Rudolf.

La phase sèche des 7 500 ans B.P. correspond approximativement dans le bassin du Tchad à l'instauration de conditions climatiques que l'on peut qualifier de tropicales. Dans l'Air et le Tibesti, les rivières ont accumulé, à partir de cette époque, des sédiments grossiers et très mal classés, caractéristiques d'écoulements affectés de très fortes crues. Des paléosols, liés à un climat à saisons contrastées (vertisols) se sont formés, entre 5 000 et 6 000 ans B.P., sur les alluvions fines de la période antérieure. Les rivières du Tibesti n'ont plus participé à l'alimentation du lac du fond de la cuvette tchadienne et l'essentiel des apports hydrologiques devait être d'origine méridionale. Les associations de Diatomées comprennent un plus fort pourcentage d'espèces typiquement tropicales et indiquent que les milieux lacustres étaient un peu plus concentrés que pendant l'Holocène ancien (M. et S. Servant, 1970). Cette modification du régime climatique n'est pas pour le moment identifiée en dehors du bassin tchadien. En Afrique orientale, près du

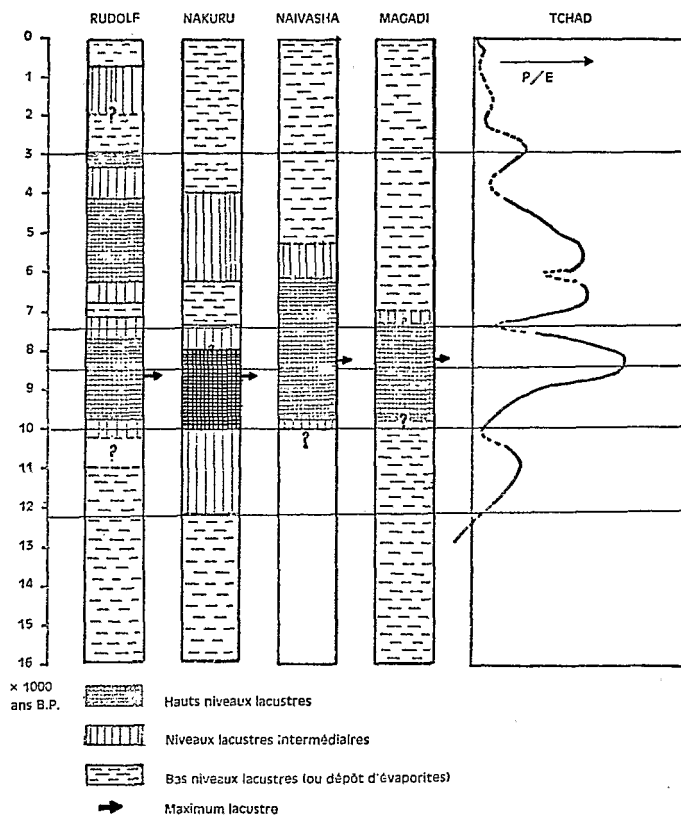


FIG. 4. — La fin du Pléistocène et de l'Holocène. Comparaison entre les oscillations des lacs du sud-est africain (R.W. Butzer *et al.*, 1972) et la chronologie climatique du Tchad.

lac Victoria, Kendall (1969) a montré que la forêt sempervirente s'est transformée, vers 6 000 ans, en forêt semi-décidue ce qui suppose des conditions plus sèches ou des pluies plus nettement saisonnières.

La régression des lacs du Tchad et du Niger, vers 7 500 ans B.P., a été immédiatement suivie par de nouvelles extensions lacustres. Une nappe d'eau de la dimension de la mer Caspienne existait vers 6 000 ans B.P., dans la cuvette tchadienne (Schneider 1967, Pias 1967). Les conditions climatiques étaient néanmoins plus sèches que vers 8 000 - 9 000 ans B.P., et les dépressions endoréiques dont les bassins de drainage sont peu étendus n'ont pas été envahies par des lacs profonds. Dans le Nord du Tchad et du Niger (18° parallèle), la pluviosité était alors légèrement inférieure à l'évaporation, ce qui correspond approximativement aux conditions qui règnent actuellement vers 8° de latitude nord (Servant, 1973). C'est probablement à cette époque qu'il faut attribuer le développement, dans l'Ennedi, d'une végétation soudanienne ou soudano-guinéenne dont les relictés actuelles ont été étudiées par Gillet (1967).

La phase humide des 7 000 - 5 000 ans B.P. est connue en Afrique orientale où les lacs se situaient à un niveau encore beaucoup plus haut qu'actuellement (Butzer *et al.*, 1972). Des nappes d'eaux libres subsistaient sur toute la bordure méridionale du Sahara (Hébrard, 1972; Gasse *et al.*, 1974) et des fonds marécageux se développaient vers 6 000 ans B.P. au Sahara nord-occidental (Conrad, 1969).

En résumé, le passage des conditions très humides de l'Holocène ancien (9 000 - 8 000 ans B.P.) aux conditions humides de l'Holocène moyen (7 000 - 5 000 ans B.P.) correspond, au moins en Afrique Centrale (Tchad, Niger) à l'instauration des climats tropicaux à saisons contrastées. Vers 6 000 ans B.P., les zones climatiques actuelles étaient décalées de 500 à 1 000 km vers le Nord à l'intérieur du Sahara. Ce décalage correspond chronologiquement au maximum du réchauffement postglaciaire de l'hémisphère nord.

2.4. L'orientation vers les conditions actuelles.

Au niveau des tendances générales, l'évolution des climats depuis 5 000 ans est caractérisée par une sécheresse de plus en plus accusée. Les nappes lacustres de la bordure méridionale du Sahara s'orientent vers un assèchement complet et il ne subsiste actuellement que des lacs résiduels alimentés par le drainage de régions humides ou par vidange, dans des dépressions, de nappes souterraines dont le niveau supérieur s'est abaissé moins rapidement que les surfaces d'eaux libres (Faure 1967). Les lacs d'Afrique orientale ont parallèlement connu un abaissement très accentué de leurs plans d'eau.

A cette tendance générale, se superposent des oscillations mineures dont un exemple est donné par la courbe des variations relatives du rapport P/E dans le bassin tchadien (fig. 3). Des oscillations comparables sont connues dans d'autres régions, notamment en Ethiopie où une élévation momentanée des lacs du désert Danakil a été datée de 2 000 à 1 000 ans B.P. environ (Gasse *et al.*, 1974). Les nombreux gisements protohistoriques qui jalonnent le Sahara méridional et en particulier les sites de l'âge du fer impliquent une désertification récente, postérieure au début du dernier millénaire, de cette région.

En résumé, les climats des latitudes tropicales nord ont évolué, depuis cinq mille ans, par une série d'oscillations mineures, vers une sécheresse croissante. Cette évolution indique un déplacement probable de la limite nord du domaine balayé par la convergence intertropicale en direc-

tion de l'équateur. Le phénomène est contemporain d'un léger refroidissement bien connu dans l'hémisphère boréal.

3. — UN EXEMPLE DE VARIATIONS CLIMATIQUES SUBACTUELLES (BASSIN DU TCHAD)

3.1. Les variations du niveau du lac Tchad.

Les données chiffrées disponibles depuis la mise en place des réseaux d'observations, permettent d'individualiser des oscillations climatiques de faible amplitude indiscernables aux autres échelles de temps. La sécheresse actuelle, en Afrique tropicale, constitue un exemple de ce type d'oscillations. Rodier et Roche (1973) en donnent une définition et indiquent qu'elle a affecté, en 1971-1972, l'ensemble des régions situées au Sud du Sahara, du Sénégal à l'Éthiopie, et plus au Sud, une majeure partie de la Côte d'Ivoire, du Dahomey, du Togo. Cette vague de sécheresse a entraîné un abaissement très accentué du niveau du lac Tchad (fig. 5). A cet égard on peut admettre que les variations de ce lac donnent une bonne image des changements

climatiques moyens qui interviennent sur son bassin de drainage. Ces variations sont connues depuis 1905 (fig. 5) et depuis le milieu du XVIII^e siècle grâce aux témoignages historiques recueillis par Tilho (1947) d'où la possibilité d'évaluer les changements relatifs de pluviosité depuis cette époque (fig. 6). L'étude sédimentologique, palynologique et géochronologique des dépôts superficiels du fond du lac a d'ailleurs confirmé les informations recueillies par Tilho (Dupont, 1970; Maley, 1974).

3.2. L'interprétation climatologique (Maley 1973, 1974).

La petite crue des années 1953-1964 (fig. 5), correspond à une augmentation de la pluviosité et à une légère diminution de la température sur l'ensemble du bassin du Tchad. Dans la zone du lac, l'étude des mois les plus chauds (mars, avril, mai) où l'influence de l'humidité et de la nébulosité sur la température est quasi nulle, montre que la baisse de la température correspond effectivement à une baisse du rayonnement solaire global. La petite décrue du lac Tchad (1965-1970) s'est accompagnée de phénomènes opposés. La corrélation inverse ainsi mise en évidence dans l'analyse des variations très récentes paraît pouvoir s'appliquer à des périodes plus

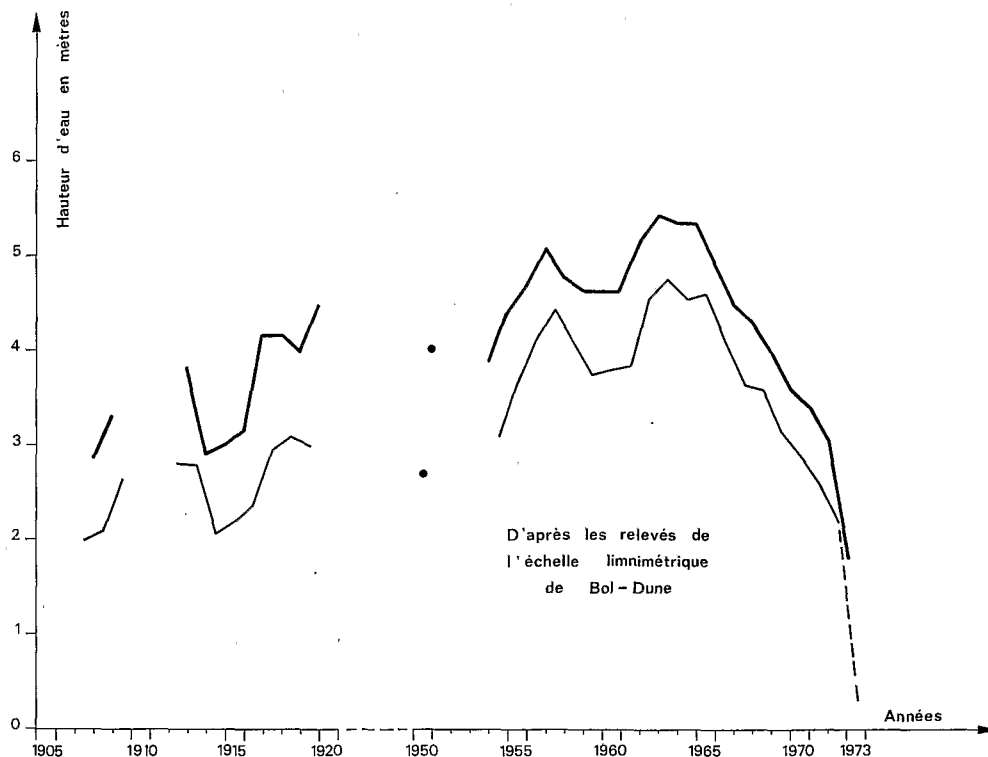


Fig. 5. — Variations du niveau maximal et du niveau minimal annuels du lac Tchad de 1907 à 1919 et de 1954 à 1973.

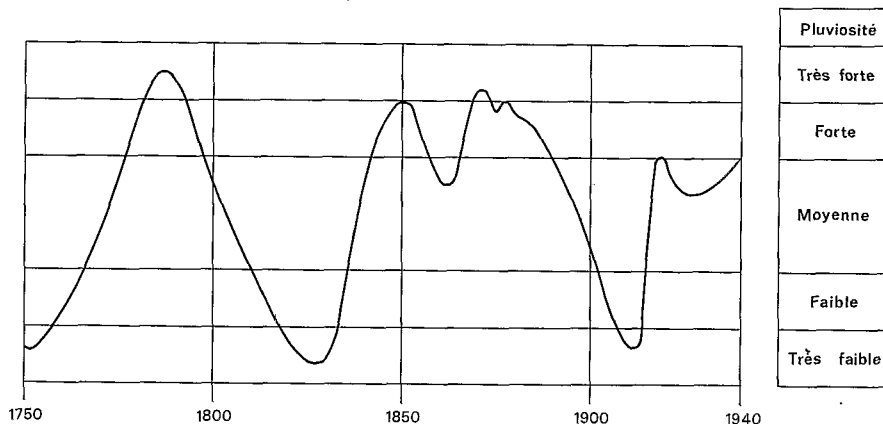


FIG. 6. — Variations schématiques de la pluviosité en Afrique Centrale de 1750 à 1940. D'après le Général Tilho, « Le Tchad et la capture du Logone par le Niger » 1947.

anciennes (les hauts niveaux du lac Tchad des XVII^e et XVIII^e siècles, peuvent être contemporains du « petit âge de la glace » défini aux moyennes et hautes latitudes).

En résumé, l'étude des changements climatiques subactuels semble indiquer qu'il est possible de relier les variations de pluviosité et les variations de température.

4. — ÉLÉMENTS POUR UNE INTERPRÉTATION DES CHANGEMENTS DE CLIMATS

4.1. La classification des variations climatiques.

Les changements de climat s'effectuent à plusieurs échelles de temps et d'amplitude :

— Au cours des 18 derniers millénaires, il est possible de définir l'évolution des climats au niveau des *tendances générales*. Les différents stades de cette évolution se succèdent de manière parallèle et approximativement synchrone sur une grande partie du continent africain. Chacun d'eux s'intègre dans un état paléogéographique de la planète défini notamment par l'extension des glaces continentales.

— A l'intérieur de ces différents stades, on commence à discerner, aux latitudes intertropicales, des *oscillations mineures* qui se succèdent à l'échelle du millénaire. L'extension du domaine géographique intéressé par ces oscillations n'est

pas encore bien connue. Leur interprétation devra tenir compte du stade de l'évolution climatique générale où elles se situent.

— Enfin, et pour les seules périodes récentes, les données chiffrées permettent de définir des variations climatiques de plus faible amplitude que les précédentes, variations qu'il sera possible de relier à des modifications des circulations atmosphériques.

4.2. Variations climatiques et circulations atmosphériques.

— La période comprise entre 7500 ans B.P. et l'actuel.

Dans les régions tropicales nord, où les études sont les plus nombreuses, les climats n'ont pas été qualitativement différents de ce qu'ils sont actuellement, et leurs variations semblent pouvoir se résumer par un balancement en latitude de la limite septentrionale du domaine de la convergence intertropicale. Au niveau de la tendance générale de l'évolution climatique, cette limite s'est déplacée vers le Nord au moment du maximum du réchauffement postglaciaire, vers l'équateur pendant le refroidissement qui a suivi. Nous retrouvons là une hypothèse classique qui transpose les mécanismes saisonniers actuels aux changements climatiques quaternaires. Cette hypothèse s'applique peut-être aux oscillations mineures qui s'effectuent à l'échelle du millénaire : la phase sèche décelée vers 4500 ans B.P. au Tchad, coïncide avec une brève période de refroi-

dissement connue dans de nombreuses régions du globe (Van Zinderen Bakker, 1969).

Les oscillations subactuelles, de faible amplitude, se présentent de manière apparemment toute différente : la pluviosité augmente au Tchad pendant les années de refroidissement, contrairement à ce qui est observé au niveau des tendances générales de l'évolution des climats. Le phénomène est expliqué par le rôle prépondérant des circulations atmosphériques de l'hémisphère sud sur la position de la convergence intertropicale. Celle-ci se trouverait décalée vers le Nord pendant l'hiver austral au cours des périodes relativement froides (Maley, 1973).

Ces différentes interprétations soulignent que les mécanismes pourraient être différents, suivant l'échelle des phénomènes.

— *La période comprise entre 12 000 et 8 000 ans B.P.*

Contrairement à l'époque précédente, il n'existe actuellement aucune preuve pour penser qu'il n'y a pas eu, entre 12 000 et 8 000 ans B.P., de modifications qualitatives dans la nature des zones climatiques des latitudes tropicales. Le régime pluviométrique particulier du Sahara central et du Nord du Tchad, laisse au contraire présumer que de telles modifications sont intervenues. Le contexte paléogéographique mondial était à cette époque très différent de ce qu'il est devenu plus tard : les glaces continentales étaient en régression rapide, mais les inlandsis recouvraient encore des surfaces considérables ; les calculs astronomiques indiquent que l'insolation solaire connaissait alors un maximum (Bernard, 1962) ; les climats étaient néanmoins sans doute plus froids qu'actuellement aux basses latitudes.

Une hypothèse récente (Servant, 1973) propose d'expliquer les différents caractères de la période humide des 12 000-8 000 ans B.P., en faisant intervenir de fréquentes intrusions d'air polaire en direction de l'équateur, ce qui implique un schéma de type essentiellement méridien des circulations atmosphériques et un affaiblissement probable des cellules anticycloniques subtropicales.

— *La période comprise entre 20 000 (?) et 12 000 ans B.P.*

Caractérisée par une sécheresse généralisée dans toutes les régions intertropicales du continent africain, cette période, qui coïncide avec la dernière partie de la glaciation würmienne, peut difficilement être interprétée sans connaître l'évolution des climats aux autres latitudes et en par-

ticulier l'aire d'extension des paléoclimats secs à la surface du globe. L'hypothèse classique d'une simple contraction, en latitude, du domaine balayé saisonnièrement par la convergence intertropicale, ne donne pas pleinement satisfaction étant donné l'absence probable des zones humides, dans les régions subéquatoriales (Congo, Cameroun).

CONCLUSION

Le fait nouveau dégagé par les études récentes est de montrer que les changements paléoclimatiques majeurs se sont effectués depuis 18 000 ans B.P., dans le même sens et à peu près à la même époque sur de grandes étendues et, pour certains d'entre eux au moins, dans l'ensemble des régions intertropicales. Les données dégagées dans le Nord du Bassin du Tchad laissent pressentir que la zone tropicale a connu des régimes pluviométriques sans équivalent actuel en Afrique. Les progrès intervenus dans la datation des phénomènes et la plus grande précision des recherches commencent à mettre en évidence des oscillations mineures encore pratiquement insoupçonnées il y a une dizaine d'années. La définition de ces oscillations aux diverses latitudes et la mise au point des méthodes d'analyse quantitative, constitueront vraisemblablement l'une des préoccupations majeures des recherches futures.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BERNARD (E.A.), 1962. — Interprétation astronomique des Pluviaux et Interpluviaux du Quaternaire africain. *Actes IV^e Congr. Panfr. Préhist. Et. Quater.* 1959 Léopoldville, 67-95.
- BEUCHER (F.), 1971. — Etude palynologique des formations néogènes et quaternaires au Sahara nord-occidental. *Thèse Paris*, I-II, 796 p. multigr.
- BURKE (K.), DUROTOYE (B.), 1970. — Late Quaternary climatic variations in South - Western Nigeria : evidence from pediments and pediments deposits. *Bull. ASEQUA*, 25, 79-96.
- BUTZER (K.W.), ISAAC (G.L.), RICHARDSON (C.), WASHBOURN-KAMAU (C.), 1972. — Radiocarbon dating of East African Lake levels. New observations provide fresh insights into late Quaternary paleoclimates. *Science*, 175 (40-27), 1069-1076.
- CONRAD (G.), 1969. — L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien. (Saoura, Erg Chech. Tanezrouft, Ahnet Mouydir) C.N.R.S. Paris. *Serv. géol.*, 10, 527 p.
- DELIBRIAS (G.), DUTIL (P.), 1966. — Formations calcaires lacustres du Quaternaire supérieur dans le Massif Central Saharien (Hoggar) et datations absolues. *C. R. Ac. Sc. Paris*, 262, 55-58.

- DUPONT (B.), 1970. — Distribution et nature des fonds du Lac Tchad (nouvelles données). *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Géol., 2 (1), 9-42.
- FAURE (H.), 1962. — Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental. *Thèse Fac. Sc. Paris et Mém. B.R.G.M.*, 1966, 47, 630 p.
- FAURE (H.), 1967. — Le problème de l'origine et de l'âge de l'eau des oasis sahariennes du Niger. *Mém. Congr. A.I.H.*, Hanovre 1965, 7, 277-278.
- FAURE (H.), 1969. — Lacs quaternaires du Sahara. *Mitt. Intern. Verein. Limnol. Stuttgart*, 17, 131-146.
- FONTES (J.-Ch.), ELOUARD (P.), FAURE (H.), 1967. — Essai d'interprétation isotopique et paléocéologique du Quaternaire marin de Mauritanie. *6^e Congrès Panaf. de Préhist. et Et. Quatern.*, Dakar, 1967, 493-497.
- GASSE (F.), 1971. — Les Diatomées des sédiments holocènes du Bassin du Lac Afrera (Afar septentrional, Ethiopie). Essai de reconstitution de l'évolution du milieu. *Int. Rev. der Ges. Hydrobiol.*, 1 p.
- GASSE (F.), FONTES (J.-Ch.), ROGNON (P.), 1974. — Variations hydrologiques et extension des lacs holocènes du désert Danakil. *Palaéogéog., Palaéoclimat., Palaéocol.* Amsterdam, vol. 14, sous presse.
- GILLET (H.), 1967. — Le peuplement végétal du Massif de l'Ennedi (Tchad). *Thèse, Paris*, 379 p. multigr.
- HAGEDORN (H.), JÄKEL (D.), 1971. — Bemerkung zur quaternären entwicklung des Reliefs in Tibesti- Gebirge (Tchad). *Et. Quatern. Monde, C. R. Congr. INQUA Paris 1969*, 137-144.
- HAMILTON (M.A.), 1972. — The interpretation of the pollen diagrams from highland Uganda. *Paleoecology of Africa*, 7, 46-149.
- HÉBRARD (L.), 1972. — Contribution à l'étude géologique du Quaternaire du littoral mauritanien entre Nouakchott et Noudhibou 18°-21° latitude nord. *Publ. Lab. Géol. Fac. Sci. Univ. Dakar*, 2 vol. multigr.
- HURAUULT (J.), 1972. — Phases climatiques tropicales sèches à Banyo (Cameroun, Hauts Plateaux de l'Adamawa). *Paleoecology of Africa*, 6, 93-101.
- JÄKEL (D.), SCHULZ (E.), 1972. — Spezielle Untersuchungen an der Mittelterrasse im Enneri. Tabi Tibesti- Gebirge. *Z. Geomorph. N.F.*, suppl. 15, 129-143.
- KAISER (K.), 1972. — Formations lacustres quaternaires du Massif du Tibesti et de ses plus proches environs. *Z. Geomorph. N.F.*, 16 (2).
- KENDALL (R.L.), 1969. — An ecological history of the Lake Victoria Basin. *Ecol. Monogr.*, 39, 121-176.
- MALEY (J.), 1973. — Les variations climatiques dans le Bassin du Tchad durant le dernier millénaire. *Bull. ASEQUA*, 37-38, 31-40.
- MALEY (J.), 1974. — Mécanisme des changements climatiques aux basses latitudes. *Palaéogéog., Palaéoclimat., Palaéocéologie.* Amsterdam, vol. 14 (4), à paraître.
- MICHEL (P.), 1967. — Les dépôts du quaternaire récent dans la basse vallée du Sénégal. *Bull. I.F.A.N.*, 2.
- MICHEL (P.), 1969. — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, étude géomorphologique. *Thèse Univ. Strasbourg*, 3 vol., 1169 p.
- MORISON (M.E.S.), 1968. — Vegetation and climate in the Uplands of South-Western Uganda during the Later Pleistocene Period. *J. of Ecol.*, 56, 2, 363-384.
- PIAS (J.), 1970. — Quatre deltas successifs du Chari au Quaternaire (République du Tchad et du Cameroun). *C. R. Ac. Sci.*, Paris, 264, 2357-2360.
- PLOEY (J. de), 1965. — Position stratigraphique, genèse et chronologie de certains dépôts superficiels au Congo occidental. *Quaternaria*, 7, 131-154.
- QUEZEL (P.), MARTINEZ (C.), 1958. — Etude palynologique de deux diatomites du Borkou. Territoire du Tchad. *A.E.F. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Noire*, 49, 230-244.
- RICHARDSON (J.L.), 1964. — The history of an African rift lake : an interpretation based on current regional limnology. *Ph. D. Thesis, Duke University, Durham North Carolina*, 472 p.
- RODIER (J.A.), ROCHE (M.), 1973. — La sécheresse actuelle en Afrique tropicale. Quelques données hydrologiques. *Publ. O.R.S.T.O.M. (Services hydrologiques)*, 15 p. multigr.
- ROGNON (P.), 1967. — Le Massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara Central). *Etude géomorphologique.* C.N.R.S. Paris, 9, 559 p.
- SCHNEIDER (J.L.), 1967. — Evolution du dernier lacustre et peuplements préhistoriques aux Pays-Bas du Tchad. *Bull. ASEQUA*, 14-15, 18-23.
- SERVANT (M.), 1967. — Données stratigraphiques sur le Quaternaire supérieur et récent au Nord-Est du Lac Tchad. VI^e Congr. Panafr. Préhist. Et. Quatern., et *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Géol. 1970, 2 (1), 95-114.
- SERVANT (M.), 1973. — Séquences continentales et variations climatiques : évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur. *Thèse, Université Paris VI*, Paris, 348 p.
- SERVANT (M.), SERVANT (S.), 1970. — Les formations lacustres et les Diatomées du Quaternaire récent du fond de la cuvette tchadienne. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, 12 (1), 63-76.
- SERVANT (M.), SERVANT (S.), 1972. — Nouvelles données pour une interprétation paléoclimatique des séries continentales du bassin tchadien. *Palaeoecology of Africa*, 6, 87-92.
- SERVANT (S.), 1967. — Répartition des Diatomées dans les séquences lacustres holocènes du nord-est du Lac Tchad. Premières observations et perspectives de recherches. VI^e Congr. Pan. Préhist. Et. Quatern., Dakar, 1967 et *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Géol., 2 (1), 115-126, 1970.
- TILHO (général), 1947. — Le Tchad et la capture du Logone par le Niger. *Gauthier-Villars, Paris*, 202 p., 13fig., 15 planches fotogr., 1 carte h.-t.
- VAN ZINDEREN BAKKER (E.M.), 1969. — Cold spell of world wide nature at about 5 500-4 700 B.P. *Palaeoecology of Africa*, Ed. by E.M. Van Zinderen Bakker, 6, 15-27.
- VAN ZINDEREN BAKKER (E.M.), COETZEE (J.A.), 1972. — A re-appraisal of Late-Quaternary climatic evidence from tropical Africa. *Palaeoecology of Africa*, Ed. by E.M. Van Zinderen Bakker, 7, 151-181.
- WILLIAMS (M.A.J.), 1971. — Geomorphology and Quaternary geology of Adrar Bous. British Expedition to the Air Mountains. *Geogr. J.*, 137 (4), 450-455.