

Ass. sénégal. Et. Quatern. Ouest afr., Bull. Liaison, Sénégal, n° 37-38,
mars-avril 1973

UN NOUVEAU MÉCANISME DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

AUX BASSES LATITUDES

par Jean MALEY*

Résumé

Au cours du dernier millénaire les hauts niveaux du lac Tchad ont correspondu à des périodes plus fraîches, particulièrement lors du "Petit Age Glaciaire". Cette correspondance montre que la mousson sur le continent africain est poussée par le Front Polaire Sud de l'hémisphère austral. Le rôle joué par les Fronts Polaires des deux hémisphères, particulièrement leur antagonisme, est capital pour expliquer les mécanismes climatiques des basses latitudes.

Introduction

La comparaison des changements climatiques entre l'Afrique et l'Europe ou, d'une manière plus générale, entre les latitudes basses et les latitudes moyennes et hautes, a été un thème fréquent de recherches. Un certain synchronisme a été mis en évidence par les datations absolues. Cependant aucune théorie globale n'a encore pu expliquer le mécanisme régissant ce synchronisme. Des explications partielles très intéressantes ont déjà été données.

Ainsi par exemple, il est maintenant bien établi que durant les glaciations, les extensions glaciaires se sont répercutées sur la circulation atmosphérique : "Front Polaire et Front Tropical ont été rejetés loin vers le Sud par rapport à leur position actuelle" (TRICART, 1956, p. 166). Des

*Laboratoire de Palynologie du C.N.R.S. (E.R. n° 25), Faculté des Sciences, Montpellier 34060 et O.R.S.T.O.M., Centre de Fort-Lamy, République du Tchad.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 6428
Cote : B exl 80

14 NOV. 1973
O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° 6428 Geol.

météorologues ont montré, tel PEDELABORDE (1967), que la descente du Front Polaire Nord sur le Sahara ("gouttes polaires"), y est encore à l'origine de certaines pluies. On comprend ainsi aisément l'importance que ce phénomène a pu avoir dans le passé.

La grande extension de la mousson sur l'Afrique durant un interglaciaire ou période "hyperthermale" a été montré par VAN ZINDEREN BAKKER (1967). Mais, comme on le verra plus loin, ce schéma est partiel et ne peut s'appliquer qu'au début du dernier interglaciaire, par exemple.

L'étude de la mousson sur le bassin du Tchad m'a permis de reprendre cette question sur des bases nouvelles.

I La mousson sur le bassin du Tchad :

Le climat du bassin du Tchad est déterminé par l'action antagoniste de deux vents : l'alizé du nord-est qui vient du désert et la mousson du sud-ouest venant du Golfe de Guinée. Le premier, appelé harmattan, est un vent sec, le second, chargé d'humidité, apporte les pluies. Leur zone de contact constitue le Front Intertropical ou FIT.

Au cours de l'année, le FIT se déplace, grosso modo, perpendiculairement aux méridiens. Les latitudes les plus basses sont atteintes en janvier, les plus hautes en août. A ce moment-là, l'extrémité nord de la zone tropicale est atteinte ; au Tchad, elle se situe sur les massifs du Tibesti et de l'Ennedi. La saison des pluies est donc de plus en plus courte lorsqu'on remonte vers le Nord. Le maximum des pluies coïncide avec le maximum du rayonnement solaire. Ces deux maximums caractérisent le climat tropical et s'opposent au climat méditerranéen caractérisé par le maximum des pluies durant la saison fraîche.

Selon l'hypothèse classique, le moteur de la mousson serait l'attraction des basses pressions sahariennes provoquées par l'échauffement du continent durant la saison chaude. Mais de nombreux météorologues se sont rendus compte que cette hypothèse n'expliquait pas complètement le phénomène observé.

A la suite des travaux de ROSSBY (1947), PEDELABORDE (1970) a formulé une nouvelle hypothèse : la mousson sur le continent africain résulterait essentiellement de poussées originaires de l'hémisphère Sud en hiver. Les basses pressions sahariennes n'auraient alors qu'un rôle très accessoire.

L'étude climatologique de la petite crue récente du lac Tchad (1953-1964) m'a semblé être un champ d'expérience capable de mettre à l'épreuve ces deux hypothèses.

L'augmentation de la pluviosité sur l'ensemble du bassin m'a montré que, très logiquement, la mousson avait été renforcée lors de la crue récente. Ce renforcement de la mousson a coïncidé avec une légère diminution de la température sur l'ensemble du bassin. Par l'étude, dans la zone du lac, des mois les plus chauds (mars, avril, mai) où l'influence de l'humidité et de la nébulosité est quasi nulle sur la température, j'ai pu m'assurer que cette diminution correspondait effectivement à une légère baisse du rayonnement solaire global. Ceci tend à prouver qu'il s'agit d'un petit refroidissement généralisé. Ce fait est confirmé par les recherches de différents auteurs (MITCHELL, 1963 ; LAMB, 1966).

La décrue du lac Tchad (1965-1970) s'est accompagnée des phénomènes inverses ; baisse de la pluviosité et augmentation de la température.

Selon l'hypothèse classique, l'inverse aurait dû se produire ; la température aurait dû augmenter en même temps que la mousson, donc la pluviosité, était renforcée. Par contre, mes observations s'accordent bien avec l'hypothèse de PEDELABORDE (1970). En effet, l'accentuation du froid hivernal sur l'hémisphère Sud a renforcé l'action du Front Polaire Sud. Ce dernier a alors repoussé plus fortement vers l'équateur les anticyclones subtropicaux, particulièrement celui de Sainte Hélène qui est, dans cette hypothèse, le moteur essentiel de la mousson sur le continent africain.

Deux carottes de sédiment prélevées dans le fond du lac Tchad m'ont permis d'étendre ces observations au dernier millénaire. L'étude stratigraphique (DUPONT et DELIBRIAS, 1970) a montré que le lac Tchad avait été récemment le théâtre de transgressions et de régressions. En particulier un assèchement plus ou moins complet du lac a pu être daté approximativement de l'an 1500 grâce à deux datations absolues.

L'analyse pollinique de ces carottes m'a permis de reconstituer l'histoire de la végétation du bassin ainsi que les oscillations du lac Tchad et leur amplitude. Ces dernières apparaissent en effet à travers les variations de la végétation aquatique. Plus le niveau du lac est bas, plus la végétation aquatique prend de l'ampleur. D'autre part, la pluie pollinique régionale et les apports lointains, particulièrement ceux venus par le Chari, tributaire principal, donnent une image de la végétation de l'ensemble du bassin (MALEY, 1972). J'ai pu constater que les fluctuations de l'ensemble de la

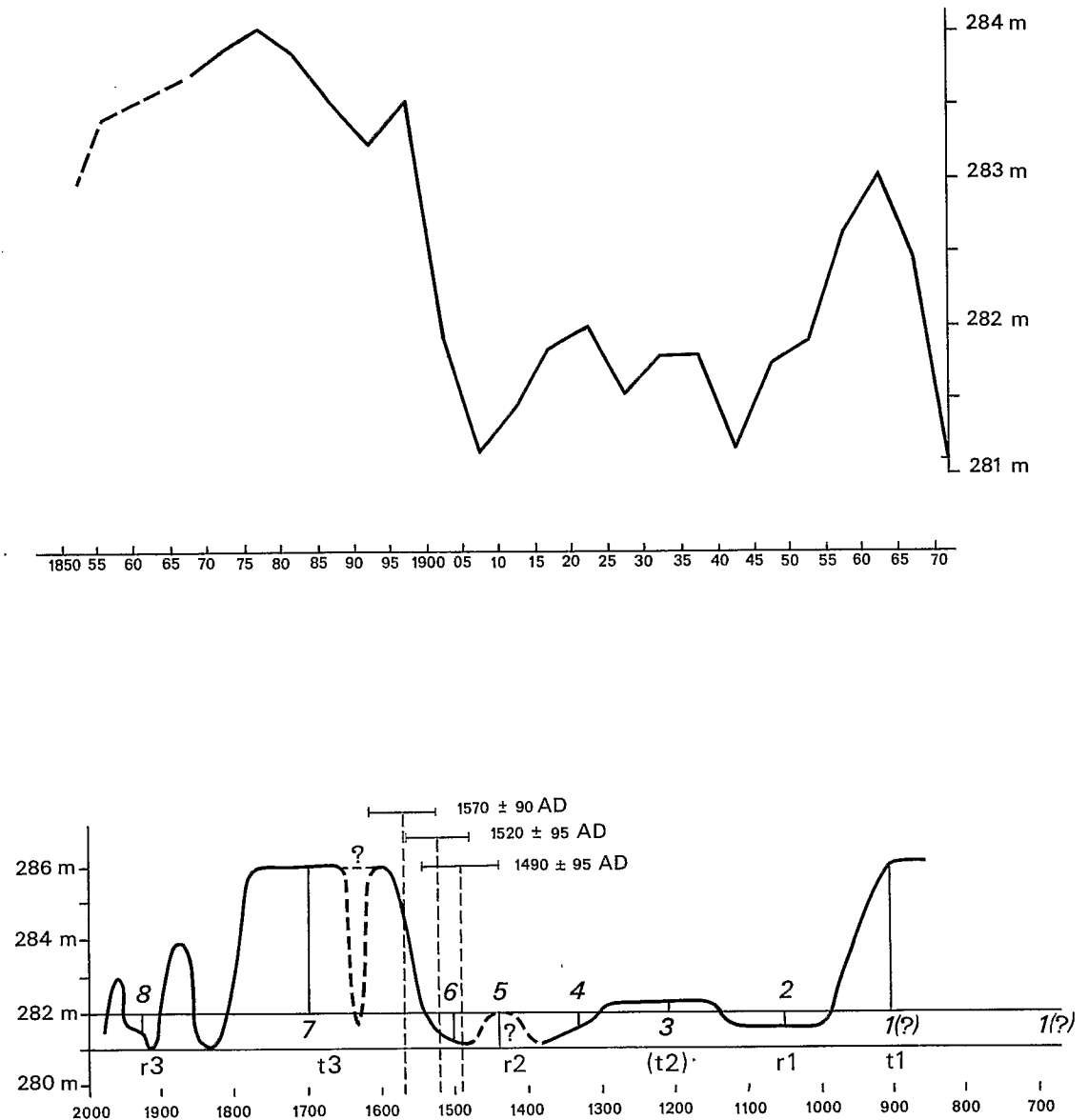


Figure 1

(en haut) : Variation du niveau du lac Tchad depuis 1850 (d'après TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY, 1969) ; moyennes des hauts niveaux sur 5 ans. Le début de la courbe, en pointillés, est estimé d'après des observations anciennes.

(en bas) : Schéma des variations du niveau du lac Tchad depuis 1 millénaire (chronologie approchée). Les chiffres 1 à 8 correspondent à la position des échantillons sur une des deux coupes étudiées (coupe de Baga-Sola dans l'archipel sud). L'échantillon 1 peut se situer entre les VIII^e et X^e siècles. Les datations absolues (C 14) sont indiquées avec leur marge d'erreur. Niveaux du lac : 286 m, très haut niveau, écoulement continu dans le Bahr el Ghazal - 284 m, haut niveau de la fin du XIX^e siècle - 282 m, niveau moyen actuel - 281 m, assèchement partiel du lac.

végétation suivaient les fluctuations du lac. Il devenait alors possible de conclure que l'amplitude des variations du lac correspond à l'amplitude des changements climatiques sur le bassin. L'analyse pollinique a donc été un instrument capital et irremplaçable (figure 1).

Les grands traits de l'évolution du lac Tchad depuis un millénaire ne sont pas des phénomènes isolés en Afrique. La comparaison des différents niveaux du lac Tchad s'établit très bien avec les variations des crues du Nil enregistrées par les Egyptiens depuis le VIIe siècle (BROOKS, 1954). Il y a aussi une certaine analogie avec les variations du lac Rodolphe (BUTZER, 1971).

D'autre part, la comparaison entre l'évolution climatique de l'Afrique tropicale et celle des latitudes moyennes et hautes des deux hémisphères, montre un synchronisme certain,

- entre les refroidissements, comme le "Petit Age Glaciaire" de la fin du XVIe à la fin du XVIIIe siècle (LE ROY LADURIE, 1967) et les hauts niveaux lacustres liés à des renforcements plus ou moins importants de la mousson,

- entre les réchauffements, comme le petit optimum climatique du Moyen-Age européen, et les bas niveaux lacustres, liés à un affaiblissement de la mousson.

La température qui est un élément très important du bilan hydrologique des lacs africains, joue à chaque fois dans le même sens, accélérant la baisse ou, au contraire, favorisant la montée du niveau.

Ainsi l'hypothèse de PEDELABORDE (1970) est confirmée par des faits s'étendant sur un millénaire.

II Le rôle des Fronts Polaires dans les changements climatiques aux basses latitudes

L'action génératrice de pluies du Front Polaire Nord sur le Sahara septentrional est un fait déjà connu (PEDELABORDE, 1967). Comme cela vient d'être montré, l'action du Front Polaire Sud a le même rôle sur l'Afrique tropicale et le Sahara méridional. On peut donc conclure que le rôle joué par les Fronts Polaires des deux hémisphères, particulièrement leur

antagonisme, est capital pour expliquer les changements climatiques aux basses latitudes. Le balancement annuel du Front Intertropical (FIT) résulte alors des contractions et extensions opposées des Fronts Polaires Nord et Sud. La vigueur des Fronts Polaires et leur extension vers l'équateur sont d'autant plus grandes que l'air polaire est plus froid.

Le synchronisme mondial des grandes variations de température a été démontré pour la fin du Würm et pour l'Holocène, non seulement entre les Tropiques (EMILIANI, 1961) et les latitudes moyennes (VAN DER HAMMEN et al., 1967 ; GROSS, 1958 ; LAMB et al., 1966) et hautes (DANSGAARD et al., 1969) de l'hémisphère Nord, mais encore entre les deux hémisphères (VAN ZINDEREN BAKKER, 1969 ; BOWLER et HAMADA, 1971). Au cours de l'Holocène, la température atteint son maximum vers 6 000 ans BP, pour décroître ensuite légèrement par paliers jusqu'à l'époque actuelle.

L'inlandsis arctique atteint son aire minimale avec un certain retard vers 4 000-3 500 ans BP (LAMB, 1963). Bien que les variations de l'inlandsis antarctique et les causes de celles-ci soient encore mal connues (HOLLIN, 1969), le synchronisme des variations climatiques entre les deux hémisphères et l'exemple récent de la remontée de l'anticyclone subtropical de Sainte Hélène lors du "Petit Age Glaciaire", permettent de penser que l'action des deux Fronts Polaires varie en phase, tout au moins dans un passé récent.

En Afrique, on constate que depuis 10 000-12 000 ans BP, les grands lacs de la zone tropicale sèche (Tchad : M. SERVANT et S. SERVANT, 1970 ; RODOLPHE etc. : BUTZER et al., 1972) présentent des très hauts niveaux lors de chaque pulsation positive de la température jusque vers 5 000-3 000 ans BP. Ensuite, les hauts niveaux ne se produisent que lors des périodes légèrement plus fraîches, tel le "Petit Age Glaciaire". L'action des Fronts Polaires et leur antagonisme sur les basses latitudes semble pouvoir expliquer ces observations contradictoires en apparence, ainsi que la répartition complexe dans le temps et dans l'espace des manifestations de l'humidité et de l'aridité au Sahara et sur ses marges.

Pour cela, il est nécessaire d'observer le déplacement des deux Fronts Polaires au cours des saisons d'une même année :

1) Lors des grandes avancées glaciaires de la fin du Würm, le Front Polaire Nord avait, durant toute l'année, une action prépondérante sur le Sahara et en été il repoussait la mousson loin vers le Sud.

2) Lors du réchauffement du début de l'Holocène et avant la période charnière des 5 000-4 000 ans BP, l'augmentation de la température et le

début du retrait de l'inlandsis arctique provoquèrent un affaiblissement du centre d'action polaire. Pour cette époque, les déductions suivantes peuvent être faites :

- durant l'été boréal il se produisit un recul important du Front Polaire Nord. Ce recul favorisa une très forte extension de la mousson au nord de l'équateur,

- en effet, en même temps, durant l'hiver austral, l'air polaire antarctique était plus froid qu'actuellement. Le Front Polaire Sud était donc capable de pousser vigoureusement les anticyclones subtropicaux vers l'équateur, en particulier celui de Sainte Hélène, générateur de la mousson africaine,

- ensuite, quelques mois plus tard, durant l'hiver boréal, le Front Polaire Nord pouvait encore étendre son action sur le Sahara septentrional et y provoquer des pluies. Un rétrécissement du désert se conçoit donc facilement au début de l'Holocène.

3) Le retrait progressif de l'Inlandsis arctique et le réchauffement continu de l'air polaire boréal diminuèrent la force du Front Polaire Nord et son influence sur le Sahara. Vers 5 000 ans BP les lacs africains cités plus haut commencèrent à régresser. Comme pour l'Arctique, il semble donc que le centre d'action antarctique diminua aussi de vigueur, affaiblissant la poussée de la mousson sur l'Afrique. Dans la zone tropicale d'autre part, la température était alors au moins aussi élevée que l'actuelle (EMILIANI, 1961) ; elle accrut son influence sur le bilan hydrologique de ces lacs, accélérant leur régression. Le Sahara et ses régions limitrophes prirent alors progressivement leur aspect actuel.

Cette nouvelle théorie devrait pouvoir aider à la compréhension des changements climatiques depuis l'installation des calottes glaciaires sur les Pôles, vers la fin du Tertiaire.

Bibliographie

- BOWLER J.M., HAMADA T. (1971). - Late quaternary stratigraphy and radiocarbon chronology of water level fluctuations in lake Keilambete, Victoria (Australie). *Nature G.B.*, 232, p. 330-332.
- BROOKS C.E. (1954). - The climatic changes of the past thousand years. *Experientia*, Bâle, 10, 4, p. 153-192.
- BUTZER K.W. (1971). - Recent history of an ethiopian delta. The Omo river and the level of lake Rudolf. *Research paper, Dept. Geogr. Univ. Chicago Publ.*, 136, 184 p.
- BUTZER K.W., ISAAC G.L., RICHARDSON J.L., WASHBOURN-KAMAU C. (1972). - Radiocarbon dating of East African lake levels. *Science*, 175, p. 1069-1076.
- DANSGAARD W., JOHNSEN S.J., MOLLER J. and LANGWAY C.C. (1969). - One thousand centuries of climatic record from Camp Century on the Greenland ice sheet. *Science*, 166, p. 377-381.
- DUPONT B. et DELIBRIAS G. (1970). - Datation par le carbone 14 d'un niveau sédimentaire de l'archipel du lac Tchad. *Cah. Off. Rech. sci. techn. outre-mer, Géol., Fr.*, 2, 1, p. 43-48.
- EMILIANI C. (1961). - Cenozoic climatic changes as indicated by stratigraphy and chronology of deep-sea cores of *Globigerina*-ooze facies. *Annals N.Y. Acad. Sci.*, 95, 1, p. 521-536.
- GROSS H. (1958). - Die bisherige Ergebnisse von C14-Messungen und paläolithischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 9, p. 155-187.
- HOLLIN J.T. (1969). - The antarctic ice sheet and the quaternary history of Antarctica in E.M. Van Zinderen Bakker (Editor), *Palaeoecol. of Africa*, 5, A.A. Balkema, Cape Town, p. 109-138.
- LAMB H.H. (1963). - On the nature of certain climatic epochs which differed from the modern (1900-39) normal. *Changes of Climate, UNESCO, Paris, Arid Zone Research Serie*, 20, p. 125-150.
- LAMB H.H. (1966). - Climate in the 1960's. Changes in the world's wind circulation reflected in prevailing temperatures, rainfall patterns and the levels of the african lakes. *Geogr. J., Londres*, 132, 2, p. 183-212.

- LAMB H.H., LEWIS R.P.W., WOODROFFE A. (1966). - Atmospheric circulation and the main climatic variables between 8 000 and 0 BC : meteorological evidence. *Royal Meteo. Soc. (Proc. internat. Symp. "World Climate from 8 000 to 0 BC"*, p. 174-217.
- LE ROY LADURIE E.M. (1967). - Histoire du climat depuis l'an mil. *Flammarion Edit., Paris*, 376 p.
- MALEY J. (1972). - La sédimentation pollinique actuelle dans la zone du lac Tchad (Afrique Centrale). *Pollen et Spores, Paris*, 14, 3, p. 263-307.
- MALEY J. (1973). - Les variations climatiques dans le bassin du Tchad durant le dernier millénaire ; essai d'interprétation climatique de l'Holocène africain. *C.R. Acad. Sci., D, Fr.*, t. 276, mars, p. 1673-1675.
- MITCHELL J.M. (1963). - On the world-wide pattern of secular temperature change. *Changes of Climate, UNESCO, Paris, Arid.Zone Research Series*, 20, p. 161-181.
- PEDELABORDE P. (1967). - Chronôque météorologique. *Ann. Géograph., Paris*, 413-p. 86.
- PEDELABORDE P. (1970). - Les moussons. *Coll. U2, A. Colin Edit., Paris*, 221 p.
- ROSSBY C.G. (1947). - On the general circulation of the atmosphere in middle latitudes. *Bull. Am. Met. Soc., Lancaster, USA*, p. 255-280.
- SERVANT M. et SERVANT S. (1970). - Les formations lacustres et les diatomées du Quaternaire récent du fond de la cuvette tchadienne. *Rev. Géogr. Phy. et Géol. Dynam., Paris*, 2, 12 (1), p. 63-76.
- TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY P. (1969). - Monographie hydrologique du lac Tchad. *Serv. Hydro. O.R.S.T.O.M., Paris*, 169 p.
- TRICART J. (1956). - Tentative de corrélation des périodes pluviales africaines et des périodes glaciaires. *C.R. somm. Soc. Géol. fr., Paris*, 10, p. 164-167.
- VAN DER HAMMEN T., MAARLEVELD G.C., VOGEL J.C. and ZAGWIJN W.H. (1967). - Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last glacial in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 46, p. 79-95.
- VAN ZINDEREN BAKKER E.M. (1967). - Upper Pleistocene and Holocene stratigraphy and ecology on the basis of vegetation changes in sub-Saharan Africa. in : *Background to Evolution in Africa*, Bishop W.W. and Clark J.D. (Editor), *Univ. Chicago Press*, p. 125-147.

VAN ZINDEREN BAKKER E.M. (1969). - Quaternary pollen analytical studies in the southern hemisphere with special reference to the sub-antarctic. in : *Palaeocol. of Africa*, 5, E.M. Van Zinderen Bakker (Editor), A.A. Balke-
ma, Cape Town, p. 175-212.