

ÉTUDES PALYNOLOGIQUES DANS LE BASSIN DU TCHAD ET PALÉOCLIMATOLOGIE DE L'AFRIQUE NORD-TROPICALE DE 30000 ANS A L'ÉPOQUE ACTUELLE*

J. MALEY

Department of Zoology, Duke University, Durham, North Carolina, USA

1. PALYNOLOGIE

Cette thèse présente d'abord les résultats d'une étude palynologique du bassin du Tchad au cours des 30 derniers millénaires. Le Chapitre 1 est consacré aux conditions actuelles de la sédimentation pollinique dans le lac Tchad. Il apparaît tout d'abord que la succession des spectres actuels le long d'un transect à travers le lac reflète l'évolution de la végétation dans le paysage régional. Grâce à l'étude de petites mares proches du lac, on constate que les vents de secteur sud, c'est à dire essentiellement la mousson, transportent peu de pollens venant des zones de végétations plus méridionales particulièrement de la zone tropicale humide. On peut ainsi conclure que les pollens originaires de cette zone et qui sont observés dans la partie méridionale du lac, sont apportés exclusivement par le fleuve Chari qui draine tout le sud du bassin du Tchad. Ces apports polliniques permettent de situer l'origine des principales masses d'eau introduites dans le lac par le fleuve. Les vents de secteur nord, essentiellement l'harmattan (alizé continental), sont responsables d'apports polliniques originaires en particulier du Sahara central et surtout du Tibesti. Bien que ces apports soient actuellement faibles, ils sont cependant significatifs, car à des périodes plus anciennes leur importance a été nettement plus grande. Ainsi, avec ces différents apports polliniques régionaux ainsi qu'allochtones méridionaux et septentrionaux, il est possible d'obtenir en un même point, c'est à dire sur une même coupe, des informations sur les végétations des principales zones climatiques du bassin du Tchad, et, de cette manière, d'effectuer une étude comparative de leur évolution.

Les analyses polliniques de sédiments de l'Holocène et du Pléistocène supérieur sont étudiées dans le Chapitre 4. L'étude pollinique détaillée de l'Holocène est effectuée sur la coupe de Tjéri située vers le centre du Paléotchad. Il apparaît en particulier que les pollens de type *Amaranthaceae* dont les plantes mères sont abondantes en zone sahélienne (on a pu montrer que les pollens de *Chenopodiaceae*, dont l'aspect est comparable, sont en nombre réduits ou absents) présentent une évolution qui est suivant les périodes, soit

* Résumé d'une thèse présentée en juin 1980 à l'Université de Montpellier, France

parallèle, soit plus ou moins opposée à celle des pollens appartenant aux autres taxons typiquement sahéliens. Une telle constatation a été faite aussi pour des spectres datant du dernier millénaire (Chapitre 2). Il est intéressant d'observer que les périodes de domination des pollens de type *Amaranthaceae*, surtout à l'Holocène inférieur, sont aussi des périodes d'extension des diatomées psychrophyles. Par ailleurs, une comparaison assez étroite est effectuée entre la courbe pollinique de l'élément sahélien et les différents événements paléocologiques établis par la géologie ou par la préhistoire sur la zone sahélienne et le Sahara tropical du bassin du Tchad.

La courbe pollinique de l'élément soudano-guinéen retrace l'évolution des apports fluviaux d'origine méridionale. Cette courbe présente de bonnes corrélations avec des données géologiques bien datées venant du bassin adjacent du Niger. L'étude des différents pollens composant cet élément montre qu'à l'Holocène inférieur jusque vers 7000 BP ce sont les taxons arborés vivant actuellement sur les sols hydromorphes des fonds de vallées qui ont dominé, tandis que les taxons arborés vivant sur les sols bien drainés des interfluves ont dominé à l'Holocène moyen. L'alternance des conditions climatiques favorisant l'un ou l'autre de ces deux types de taxons, pourrait être à l'origine des nombreux écotypes qu'on observe actuellement à travers la zone tropicale. Il faut aussi noter qu'aucun pollen de taxons typiques de la Forêt Dense humide n'a été retrouvé à Tjéri tout au long de l'Holocène; bien qu'il s'agisse d'une donnée par absence, cela paraît toutefois indiquer que la limite de la Forêt Dense humide ne s'est pas rapprochée ou tout au moins n'a pas atteint le rebord méridional du bassin du Tchad.

Au Pléistocène terminal, entre ca. 13000-10000 BP, les spectres polliniques montrent l'apparition progressive de la végétation sahélienne, avec surtout une première brève extension notable vers 10100 BP.

Au cours de la période 30000-20000 BP, les principales caractéristiques des spectres polliniques et des diatomées observées dans les mêmes échantillons, présentent un parallélisme assez remarquable, marqué en particulier soit par la présence, soit par la quasi absence, des formes ou des taxons tropicaux.

Des analyses polliniques ont été effectuées sur divers sédiments lacustres du Tibesti, allant d'environ 17000 BP au début de l'Holocène moyen. Les spores sont parfois très nombreuses et ce sont les pollens des taxons saharo-montagnards et saharosindiens qui dominent quasi exclusivement, d'une manière comparable à la végétation actuelle.

En conclusion de cet ensemble de données, un fait nouveau est apparu avec la constatation que depuis le Pléistocène terminal et au cours de l'Holocène, les diverses végétations du bassin du Tchad sont restées en permanence dans les zones qu'elles occupent actuellement, sauf toutefois la savane Sahélienne qui a présenté une certaine expansion vers le nord à l'Holocène moyen, en même temps que des taxons soudaniens s'infiltraient dans le sud de la zone sahélienne. Durant la période très aride de la fin du Pleistocène supérieur, période pour laquelle on n'a pas encore de données polliniques dans le centre du bassin, il semblerait que ces végétations se soient fragmentées avec pénétration de taxons de type aride.

2. GÉOLOGIE, CHRONOLOGIE ET DONNÉES HISTORIQUES

Une synthèse des données géologiques datées par le ^{14}C ou bien stratigraphiquement corrélables avec celles-ci, a été établie pour l'Afrique nord-tropicale, c'est à dire de la zone Soudano-guinéenne au Sahara central (Chapitre 3) (Figure 1).

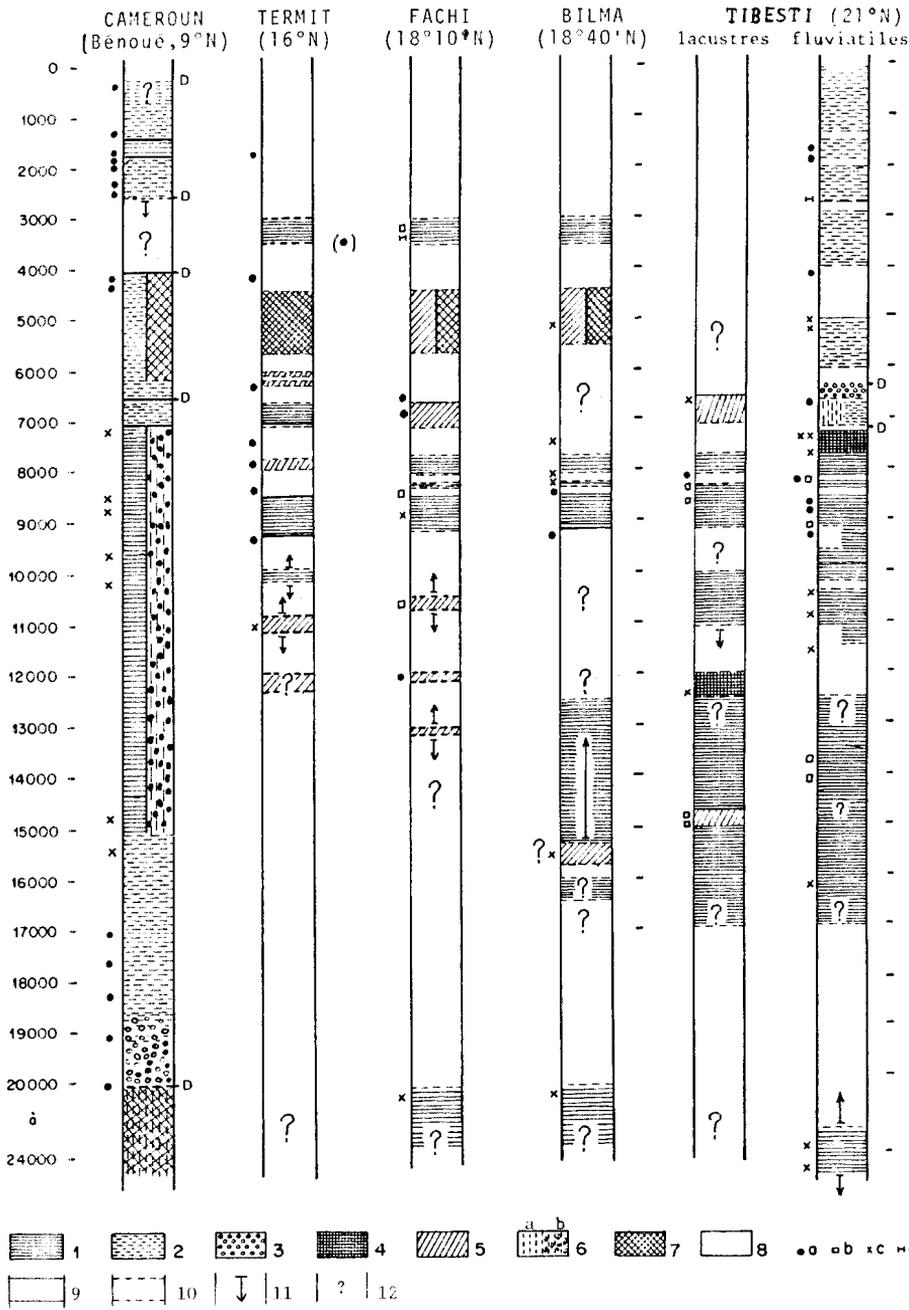
Cette synthèse a mis en évidence un assez bon synchronisme zonal des phénomènes pour les principales bandes climatiques. Bien que la Figure 1. synthétise les événements survenus à la longitude du bassin du Tchad, il apparaît que ceux-ci s'appliquent pour l'essentiel au reste de l'Afrique occidentale. A l'examen de ce tableau, on constate que la succession des événements est souvent différente entre les principales zones climatiques étudiées ici. Toutefois, durant certaines périodes, les phénomènes peuvent s'étendre à plusieurs zones comme par exemple pour la phase humide du 8^e millénaire BP, ou bien encore avec la vaste extension des sols ferrugineux tropicaux qui ont été souvent associés à la formation de cuirasses ferrugineuses; cette pédogenèse s'est produite à l'Holocène moyen durant la période de l'optimum thermique post-glaciaire.

L'importance des poussières éoliennes dans la genèse des sédiments fins de la zone nord-tropicale africaine a été aussi mise en évidence, en particulier par la description d'une formation argileuse d'origine loessique probable, qui s'est mise en place en zone tropicale humide entre 15000 et 7000 BP environ. Le renforcement de l'activité éolienne sur les régions sahariennes provoque l'apport et le dépôt sur la zone nord-tropicale de poussières éoliennes. Ces matériaux fins servent alors de support à des sols divers qui, comme les vertisols, peuvent se développer en même temps que les apports éoliens, ou bien ultérieurement, comme les sols ferrugineux tropicaux qui se sont formés à l'Holocène moyen.

Pour le dernier millénaire (Chapitre 2), l'étude détaillée de quelques carottes prélevées dans le fond du lac Tchad ainsi que de quelques coupes venant de sa périphérie, a permis d'établir la succession des phases transgressives et régressives. Par ailleurs, une étude synthétique des différents témoignages historiques concernant le lac Tchad et le Bahr el Ghazal depuis la fin du 16^e s., précise l'évolution du lac Tchad au cours de cette période, complétant ou confirmant certaines données géologiques ou palynologiques. Ensuite une comparaison des niveaux du lac Tchad aux 17^e et 18^e s. a été effectuée avec l'évolution des crues du Niger et du Nil; quelques données nouvelles ont pu être apportées pour ces deux fleuves. Enfin, un certain nombre de données paléocéologiques ont pu être tirées de l'histoire des différents Etats qui se sont succédés à travers le Sahel et le Sahara tropical, du Nil au Sénégal.

3. LES CONDITIONS ACTUELLES DE LA PLUVIOSITÉ ET LES INTERPRÉTATIONS PALÉOCLIMATIQUES (Chapitre 5)

Dans la première partie du Chapitre 5 sont brièvement exposées les conditions



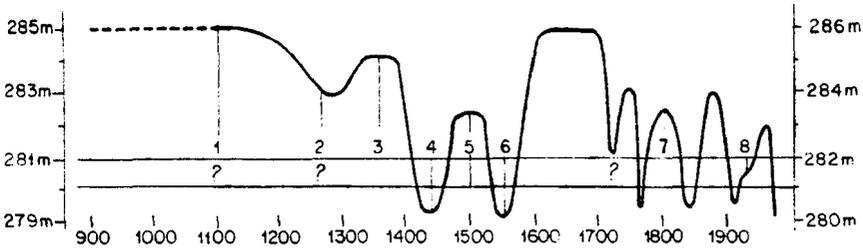


Figure 2. Schéma des variations du niveau du lac Tchad au cours du dernier millénaire. Cette courbe synthétise les données historiques depuis le 16^e s. ainsi que les données géologiques et polliniques. La chronologie présentée ici est calendaire. Les chiffres 1 à 8 correspondent à la position des échantillons sur la coupe de Baga-Sola située vers le nord du lac. Le décalage d'un mètre des cotes entre l'époque actuelle et le début du dernier millénaire correspond à l'épaisseur moyenne de sédiment déposé dans la cuvette méridionale du lac durant ce laps de temps.

Note: L'importante transgression lacustre du 17^e s. correspond essentiellement à une augmentation des apports fluviaux et à une certaine diminution de l'évaporation, car la zone sahélienne a été relativement aride à cette époque. Les données et les interprétations sont exposées en détail dans la thèse.

actuelles de la pluviosité sur la zone nord-tropicale africaine. Pour cette région, il est nécessaire de distinguer les pluies qui se forment au sein de la mousson, de celles qui se forment plus au nord. A la suite de recherches météorologiques assez récentes, il apparaît que les Jets Streams — Jets d'Est au-dessus de la mousson et Jet Subtropical durant la saison fraîche au nord de la mousson sur le Sahara-jouent un rôle dynamique important, soit en favorisant les phénomènes d'ascendance générateurs de pluie, soit au contraire en provoquant la subsidence. Les pluies se formant au nord de la mousson dépendent essentiellement des dépressions tropicales sahariennes qui résultent elles-même en particulier de l'activité du Jet Subtropical. Les pluies des dépressions tropicales sont généralement des pluies fines.

Suivant la taille des gouttes de pluie, l'évolution morphologique du paysage

Figure 1. Tableau synthétique de la succession des dépôts du Nord-Cameroun au Tibesti.

1 — Extension lacustre ou dépôts fluviaux relativement fins et lités. 2 — Sables et cailloutis. 3 — Galets. 4 — Croûte calcaire. 5 — Lac réduit ou marécage. 6a — Paléosol divers. 6b — Vertisol. 7 — Cuirasse ferrugineuse ou paléosol de type ferrugineux. 8 — Période aride (sables éoliens, etc.). 9 — Limites relativement bien datées. 10 — Limites estimées. 11 — Déplacement possible d'une limite chronologique. 12 — Données ou période à préciser. Position des datations ¹⁴C et nature des échantillons datés: a, sur charbon ou débris végétaux; b, sur coquilles; c, sur calcaire; d, sur os. (), datation importante dans un site voisin. Les références aux données stratigraphiques de base sont citées dans la thèse.

Note: Les dépôts lacustres de Bilma de la fin du Pléistocène, si leur position chronologique est confirmée, résulteraient probablement d'apports artésiens en provenance du Sahara central.

ainsi que les caractéristiques des sédiments sont différentes. En premier lieu, on constate que les 'lignes de grains' (= squall lines) qui se déplacent au sein de la mousson vers sa limite septentrionale, sont caractérisées par des pluies à grosses gouttes (> 2 mm), à la différence des perturbations quasi-stationnaires qui se développent plus au sud en donnant des pluies à petites gouttes (< 2 mm). Ces deux types de pluie ont des actions très différentes. En effet, les 'lignes de grain', de par la grosseur de leurs gouttes de pluie, provoquent un ruissellement intense et des crues brutales qui conduisent à la formation de sédiments grossiers de type sableux. Par contre, les pluies plus fines des perturbations quasi-stationnaires qui s'infiltrent assez largement sans ruissellement notable, conduisent à la formation de sédiments fins de type argileux et à un écoulement assez régulier dans les cours d'eau. Grâce à des exemples précis portant sur l'actuel et le subactuel (19^e s.), on constate que sur la zone nord-tropicale humide la domination de l'un ou l'autre de ces systèmes de pluie est capable de provoquer des changements majeurs dans l'hydrologie, la sédimentologie et la végétation. On peut de cette manière expliquer les changements majeurs qui sont intervenus sur cette zone vers 7000 BP, marqués par le passage de sédiments fins à des sédiments plus grossiers, accompagnés en même temps par une extension des taxons tropophiles.

Lorsqu'on observe l'évolution des pollens de l'élément sahélien au cours de l'Holocène, on constate aussi vers 7000 BP une brutale extension des taxons arborés. On en arrive ainsi à déterminer pour la zone sahélienne deux types de périodes humides, caractérisées la première par des pluies fines et une plus grande nébulosité, et la seconde par des pluies à plus grosses gouttes et un ensoleillement important. Par ailleurs, le déroulement annuel des pluies a pu être aussi plus complexe qu'actuellement, comme le montrent des données historiques remontant au dernier millénaire, avec, par exemple, une première saison des pluies au printemps dues aux dépressions tropicales, et une seconde en été due à l'avancée du front de la mousson. Une telle succession annuelle des pluies permettrait par exemple d'expliquer la présence dans les sédiments lacustres de diatomées psychrophiles qui se développeraient ainsi avec les dépressions tropicales et de diatomées tropicales qui se développeraient durant les pluies estivales de la mousson. Pour les périodes arides durant lesquelles la pluviosité est réduite, on peut aussi, de la même manière, distinguer deux types, le premier caractérisé en particulier par des pluies fines tombant peut-être seulement en hiver, et le second type par des pluies tombant l'été comme actuellement.

La plupart de ces types climatiques semblent pouvoir aussi s'appliquer au Sahara central. Les périodes arides seraient ainsi caractérisées d'abord par la disparition des pluies estivales et plus ou moins totalement par celles des dépressions tropicales. Les périodes humides seraient de deux types principaux, avec dans les deux types, des pluies liées aux dépressions tropicales, mais dans un second type, avec en plus des pluies estivales de mousson, comme on l'observe actuellement certaines années. Les différentes phases de dépôt de la Moyenne Terrasse du Tibesti peuvent s'expliquer avec ces deux types de

période humide, le premier type ayant dominé de 17000 jusque vers 8500 BP et le second type progressivement ensuite jusqu'à l'achèvement de la terrasse. Par ailleurs, l'alternance dans le temps d'encroûtements calcaires et d'encroûtements ferrugineux observés au Sahara, particulièrement au Sahara occidental, peut s'expliquer par l'alternance de ces deux types de période humide. Il est aussi probable que les apports éoliens ont du jouer un grand rôle dans la formation des sédiments fins de la Moyenne Terrasse. L'hypothèse est aussi avancée que la stabilité relative des versants et le caractère lité des dépôts de cette terrasse depuis environ 17000 BP jusqu'à l'Holocène inférieur, serait due surtout à des placages algaires de Cyanophycées.

La Moyenne Terrasse étant une formation typique du Sahara central et résultant essentiellement des pluies liées aux dépressions tropicales sahariennes, dont on a montré leur dépendance vis à vis de l'activité du Jet Subtropical, il est possible de conclure que la Moyenne Terrasse matérialise en quelque sorte au sol le flanc sud du Jet Subtropical. De cette manière, celui-ci paraît avoir toujours circulé à la latitude du Sahara central durant la saison fraîche, latitude qu'il occupe encore actuellement. Les dépôts lacustres du Djébel Marra qui ont été datés entre 19000 et 14000 BP environ, seraient aussi à associer à l'activité du Jet Subtropical, du fait en particulier de la trajectoire fréquemment d'allure parabolique des dépressions tropicales. L'accroissement à cette époque des dépressions tropicales d'altitude doit être en particulier associé à l'accentuation de l'alizé au niveau du sol dans les plaines (formation des ergs), car les deux phénomènes résultent en premier lieu des thalwegs polaires. Ces deux phénomènes mettent ainsi en évidence l'accélération de la cellule de Hadley sur le Sahara durant la saison fraîche au cours de la période aride maximum (Ogolien).

La permanence latitudinale du Jet Subtropical est à comparer avec celle fort probable, vu ses conditions de formation, du Jet Tropical d'Est, ce qui permettrait en définitive d'expliquer la relative stabilité des zones de végétation constatée plus haut pour le bassin du Tchad.

Actuellement, durant la période estivale, les variations dans l'intensité et dans la position plus ou moins septentrionale de la cellule de Hadley, provoquent des modifications dans la répartition géographique et dans l'importance des pluies. En général, une extension de la cellule plus septentrionale que la normale, entraîne des pluies plus importantes sur le Sahel et cause en même temps fréquemment leur diminution relative sur la zone soudano-guinéenne. Ces variations de la cellule de Hadley sont en relation avec le bilan thermique sur les deux hémisphères et en particulier sur les zones polaires. Malgré des tendances à très longtermes parallèles, l'évolution de la température aux hautes latitudes des deux hémisphères est parfois plus ou moins déphasée à l'échelle des millénaires ou sur de plus courtes périodes. Ces déphasages dans l'interaction des deux hémisphères au niveau de la zone tropicale permettraient de mieux comprendre qu'il puisse exister sur cette zone deux principaux types de phases humides et deux principaux types de phases arides.

Par ailleurs, certaines sécheresses importantes sur la zone nord-tropicale

sèche africaine, telle celle du milieu du 15^e s. AD, seraient aussi probablement à mettre en relation avec une activité solaire particulière qui serait, d'après certains auteurs, provoquée par une marée solaire exceptionnelle, elle-même déclenchée par un alignement des planètes du système solaire.

Les recherches ayant abouti à cette thèse ont été effectuées sous la direction de M. van Campo dans le Laboratoire de Palynologie du CNRS (ER 25) à Montpellier. Les supports financiers et techniques ont été fournis par l'ORSTOM et le CNRS. Le texte complet de cette thèse a été l'objet d'une publication ORSTOM.

Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°129, 586 p., fig.
et tabl. (21x27), Paris, 1981.
Diffusion ORSTOM, Prix 1981: 150 Frs.
Service Publications
70 Route d'Aulnay
93140 BONDY France

PALAEOECOLOGY OF AFRICA (AND THE SURROUNDING ISLANDS)

VOLUME 13 - 1981

edited by

J. A. COETZEE (D.Sc.)

E. M. VAN ZINDEREN BAKKER SR (Phil.Nat.D., D.Sc.h.c.)

Institute for Environmental Sciences

University of the Orange Free State, Bloemfontein

OFFPRINT



A.A. BALKEMA/ROTTERDAM