

MODIFICATIONS DES ENVIRONNEMENTS CLIMATIQUES D'UN  
 DOMAINE DE MOUSSON (Afrique de l'Ouest) AU COURS DES 30  
 DERNIERS MILLENAIRES.

J.MALEY

Dans une première partie est présenté un bilan succinct des recherches menées par l'ORSTOM en Afrique tropicale dans le domaine des paléoenvironnements quaternaires. Ensuite, à titre d'hypothèse, sont présentés des modèles climatiques capables de rendre compte de l'ensemble des observations.

1) A partir des séries stratigraphiques de la partie centrale du bassin du Tchad, qui sont relativement bien datées par  $^{14}\text{C}$  jusque vers 30.000 ans BP et qui ont fait aussi l'objet de recherches sur les diatomées et les pollens, des comparaisons peuvent être faites avec des séquences observées en d'autres points, en particulier au Nord-Cameroun et dans la zone forestière du Ghana (lac Bosumtwi). Les grandes lignes de ces séquences montrent :

- Entre 30.000 et 20.000 ans BP une importante phase humide caractérise les régions tchadiennes avec des hauts niveaux lacustres, surtout entre 24.000 et 20.000 ans BP. Au Nord-Cameroun des sols rouges de type méditerranéen se sont développés durant cette dernière phase. Au Ghana, la zone forestière actuelle était remplacée par une formation montagnarde riche en Gramineae. Le niveau du lac Bosumtwi était relativement élevé entre 28.000 et 20.000 ans BP.

- Après 20.000 ans et jusque vers 15.000 BP, l'aridité devient généralisée. Les dunes sont réactivées dans le bassin du Tchad ; au Nord-Cameroun des dépôts grossiers recouvrent et entaillent les formations précédentes ; le lac Bosumtwi régresse considérablement, accompagné d'un fort accroissement des formations herbacées.

- De 15.000 à 10.000 ans BP environ, l'aridité régresse, des formations lacustres saumâtres s'installent au Tchad dès 13.000 ans. Au Nord-Cameroun dès 15.000 ans des vertisols se développent sur les interfluves sur les dépôts de type loessique. Au Bosumtwi les niveaux lacustres sont en augmentation.

- De 10.000 à 4 ou 5.000 ans BP, les niveaux lacustres sont partout très élevés, avec cependant quelques phases régressives.

- Entre 4.000 ans et l'Actuel les niveaux lacustres vont en diminuant avec cependant quelques transgressions importantes comme celle située entre 3.500 et 3.000 ans BP ou celle située vers 1.500 ans BP dans le bassin du Tchad.

- L'évolution du lac Tchad au cours du dernier millénaire a été constituée grâce à des données géologiques, palynologiques et historiques. L'établissement d'une chronologie calendaire a été rendu possible par référence aux données historiques. Des très hauts niveaux lacustres se sont produits aux 11ème et 12ème siècle durant l'optimum thermique médiéval, puis au 17ème siècle durant le maximum du Petit Age Glaciaire. Parmi les nombreuses régressions survenues durant le dernier millénaire, la plus importante est survenue vers le milieu ou dans la seconde partie du 15ème siècle. Des traditions orales, recoupées par l'histoire, ont été recueillies par Christian Seignobos chez des Peuls vivant au sud du lac. Ces traditions décrivent à cette époque l'installation de villages dans la partie méridionale asséchée du lac, et cela durant une génération, c'est à dire de 20 à 25 ans.

2,a) Parmi toutes ces variations, celles survenues vers le début de l'Holocène sont très originales car elles ne correspondent pas à un changement de l'Arde à l'Humide, mais à un changement de mode, c'est à dire au passage d'un climat humide et frais, à un climat humide et chaud. Ce changement survenu vers 7000 ans BP sur la zone tropicale africaine, s'est

produit d'une manière relativement brusque par le passage de dépôts fins à des dépôts grossiers, par des changements de types de végétation, de sols, etc. Pour interpréter ce phénomène, on fait appel ici aux deux types de temps qui caractérisent actuellement cette zone. En effet, lorsqu'on étudie les régimes actuels des pluies sur ces régions, on met en évidence deux types principaux suivant leur position dans le flux de la mousson.

- A l'avant du front de la mousson se rencontrent surtout les nuages cumuliformes des dépressions mobiles. Ces nuages ont un grand développement vertical et, de ce fait, produisent des pluies à grosses gouttes dont les diamètres sont en majorité supérieurs à 2mm.

- A l'arrière se trouve une zone caractérisée par des dépressions quasi-stationnaires constituées de nuages de type stratiforme. Ces nuages donnent naissance à des pluies fines dont les gouttes ont un diamètre essentiellement inférieur à 2mm. Ces nuages persistent aussi beaucoup plus longtemps que les cumuliformes et, de ce fait, occasionnent un refroidissement dans les basses couches de l'atmosphère et au sol.

Dans l'hypothèse développée ici, ces deux types de nuages auraient dominé alternativement suivant les époques et, par exemple, les cumuliformes, qui permettent un ensoleillement important, auraient été dominants durant la période plus chaude de l'Holocène moyen.

Cette modulation du rayonnement solaire par les nuages et l'action des gouttes de pluie sur le sol exercent finalement un rôle capital sur l'environnement, comme en hydrologie, géomorphologie, sédimentologie, pédologie, géochimie, phytogéographie, etc... En effet, les grosses gouttes de pluie associées aux cumuliformes, d'abord par leur force d'impact et ensuite du fait des grands volumes d'eau précipités en un court laps de temps, provoquent un ruissellement important. Les crues

sont alors brutales et brèves, les cours d'eau tendent vers un tracé rectiligne et les sédiments déposés sont surtout grossiers, de type sableux. L'évaporation étant alors relativement importante, les sols sont de type ferrugineux tropical avec dominance de la kaolinite. Inversement, les pluies fines associées aux nuages stratiformes s'infiltrent en grande partie dans les sols. L'eau est ensuite restituée progressivement dans les thalwegs. Le débit des cours d'eau varie lentement, leur tracé est plutôt méandrique et les sédiments déposés sont fins. L'évaporation étant relativement réduite, les sols sont alors facilement engorgés, conduisant à une pédogenèse de type hydromorphe, comme dans les vertisols, avec dominance de la montmorillonite.

2,b) En zone équatoriale ouest-africaine, un changement majeur est intervenu à l'Holocène inférieur dans la zone occupée actuellement par la Forêt Dense Humide. En effet, vers 8500 ans BP, la forêt est réapparue assez brusquement alors qu'auparavant, dans la région du lac Bosumtwi, cette zone située à basse altitude, au-dessous de 500m, était occupée par une prairie de type montagnard avec des bouquets d'arbres épars. Les analyses polliniques montrent qu'en même temps que la forêt réapparaissait, les plantes de type montagnard disparaissaient. Cette concomitance permet de penser que ce sont les conditions écologiques favorables à l'extension des biotopes montagnards qui ont empêché le développement de la forêt. Par ailleurs, la courbe des variations du niveau du lac Bosumtwi, courbe établie indépendamment par la géologie, montre clairement que les phénomènes climatiques qui ont provoqué le retrait des biotopes montagnards et la réapparition de la forêt, sont différents ou n'ont pas de relations directes avec les facteurs contrôlant le bilan hydrique du lac. En effet, vers 8500 ans le niveau lacustre était relativement élevé et, avec des fluctuations secondaires, il a continué à s'élever jusqu'à un niveau maximum à l'Holocène moyen. La forêt a persisté jusqu'à l'actuel malgré des variations considérables du niveau lacustre, parfois supérieures à 130m comme au début de l'Holocène supérieur. Il

est donc évident que pour expliquer les évènements survenus entre 9.000 et 8.500 ans, d'autres phénomènes climatiques sont intervenus que ceux contrôlant l'augmentation ou la diminution de la pluviosité.

Pour essayer de mieux comprendre ce qui s'est passé à cette époque dans la zone occupée actuellement par la forêt, il est nécessaire tout d'abord de rappeler quelles sont les principales caractéristiques climatiques des biotopes montagnards. Ces biotopes qui sont situés généralement au-dessus de 1000m, présentent, en comparaison des biotopes planétaires :

- des températures relativement basses,
- des couvertures nuageuses et des brouillards persistants,
- des pluies essentiellement non-orageuses.

Lorsqu'on examine l'évolution climatique annuelle en zone forestière ouest-africaine, on constate tout d'abord que la présence de couvertures nuageuses persistantes, de pluies non-orageuses et des températures de l'air les plus basses, se produisent en même temps au cours du cycle annuel et sont très nettement associées aux périodes de refroidissement de la surface de la mer, phénomène du aux upwellings dans le Golfe de Guinée. En effet actuellement, c'est durant les mois de l'année (Août et Septembre) où les upwellings sont les plus intenses que les couvertures nuageuses sont à leur maximum et que la température de l'air est à son minimum. Des océanographes ayant montré récemment (cf.FOCAL) que c'est le renforcement des alizés sur l'Océan Atlantique équatorial qui déclenche les upwellings dans le Golfe de Guinée, on peut donc relier la variation des alizés aux phénomènes climatiques et de végétation au Quaternaire récent.

On voit dans ce second exemple que, là encore, les nuages sont les relais essentiels entre les circulations atmosphériques et océaniques et les conditions climatiques

régionales ou locales qui vont induire le régime hydrologique, la formation des sédiments, des sols, des végétations, etc...

Références principales :

J.MALEY, 1981 - Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°129, 586p.

J.MALEY et D.A.LIVINGSTONE, 1983 - C.R.Acad.Sc., série 2, t.296: 1287-1292.

Autres Références :

G.BOCQUIER, H.PAQUET et G.MILLOT, 1970 - C.R.Acad.Sc., série D, t.270 : 460-463

J.MALEY, 1982 - Quat.Res., 18 : 1-16

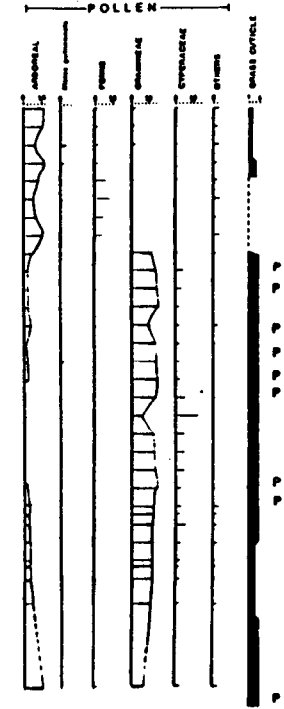
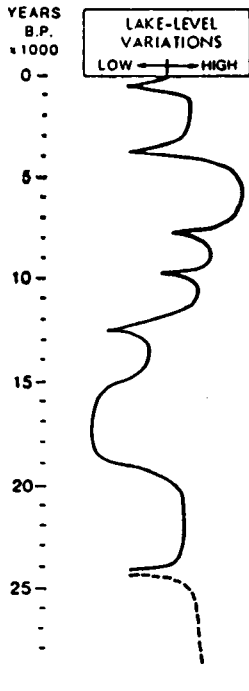
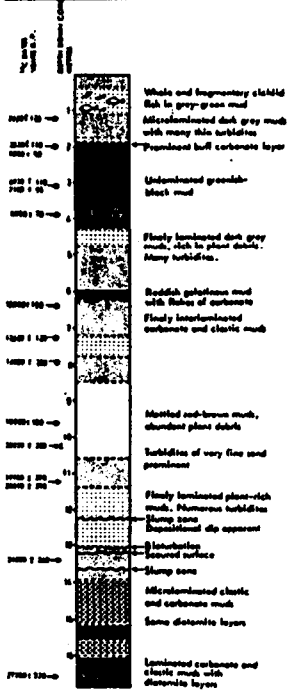
J.SERVAIN, J.PICAUT et J.MERLE, 1982 - C.R.Acad.Sc., série 2, t.294 : 789-792.

M.SERVANT, 1973 - Thèse Sciences, Paris ; Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°159 (1983).

S.SERVANT-VILDARY, 1978 - Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°84, 2 vol.

M.R.TALBOT, D.A.LIVINGSTONE, P.G.PALMER, J.MALEY, J.M.MELACK, G.DELIBRIAS et S.GULLIKSEN, 1984 - Paleoeology of Africa, vol.16 : 173-192.

Le Lac BOSUMTWI au Ghana.

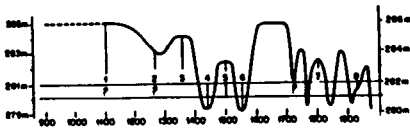


A - Stratigraphie de la carotte B-7. (in M.R.TALBOT et al., 1984)

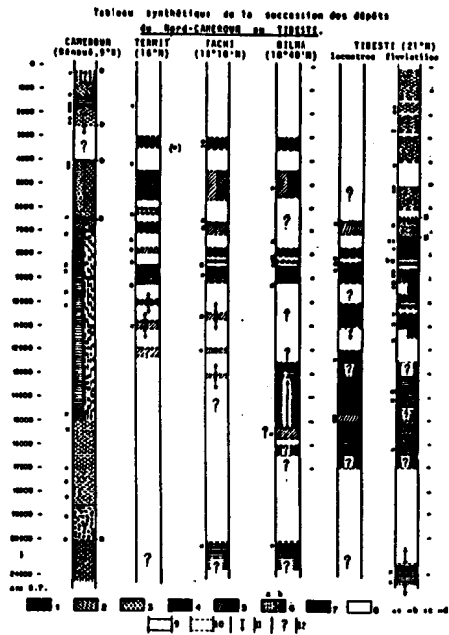
B - Schéma des variations du niveau du lac Bosumtwi. (d'après M.R.TALBOT, 1983, in *Nyame Akuma*, n°23, p.11; la partie inf. a été modifiée par référence aux données polliniques)

C - Données polliniques synthétiques (in M.R.TALBOT et al., 1984; la partie inf. a été complétée avec des données inédites). P - Cuticules de Pooides (Gramineae) par P.G.PALMER.

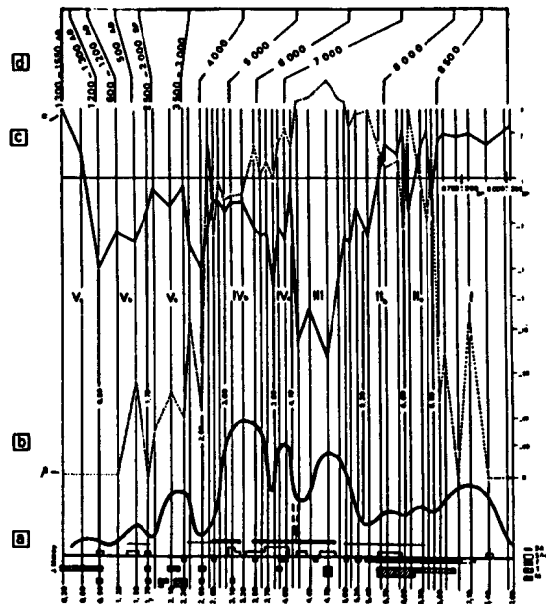
Schéma des variations du niveau du lac Tchad au cours du dernier millénaire.



Cette courbe synthétique des données géologiques et polliniques ainsi que des données historiques depuis le 1300 a.p.éc. Grâce aux données historiques la chronologie présentée est calendaire. Les chiffres 1 à 8 correspondent à la position des échantillons sur une coupe de Baga-Sala située dans l'archipel. Le décalage d'un mètre des cotes entre l'époque actuelle et le début du dernier millénaire correspond à l'épaisseur moyenne de sédiment déposée durant cette période dans la cuvette africaine.



1, Extension lacustre. Dépôts fluviaux relativement fins et liés. 2, Sables et cailloutis. 3, Galets. 4, Croûte calcaire. 5, Lac réduit ou marécage. 6a, Tailloirs divers. 6b, Verticils. 7, Calcaires ferrugineux ou paléofeu de type ferrugineux. 8, Période aride (sables fins, etc.). 9, Limites relativement bien datées. 10, Limites estimées. 11, Déplacement possible d'une limite chronologique. 12, Donnée ou période à préciser. 13, Discontinuité majeure. **Datations C-14 :** a, sur charbon ou débris végétaux. b, sur coquilles. c, sur calcaire. d, sur ca. (?) Station importante dans un site voisin.



Evolution comparée pour le coupe de Tjéri, de bas en haut:  
 1. Niveaux lacustres relatifs d'après les diatomées (SERVANT-VILMART, 1978); quelques diatomées écologiquement importantes. 2a, *Stephanodiscus astrea* Elm. *Stephanodiscus astrea* var. *minorata*. 7, diverses diatomées psychrophiles, surtout *Cyrtoporeira elliptica* et *Melosira italica* var. *valida*. 7, *Cyclotella ocellata*. 8, *Melosira italica*.  
 a, Courbe pollinique de l'élément soudano-guinéen (en pointillés), à pourcentages actuels.  
 b, Courbe pollinique de l'élément méditerranéen (trait plein), à pourcentages actuels. Ces deux courbes (a, b) ont été construites en utilisant le rapport à la moyenne avec une échelle logarithmique.  
 c, Chronologie partiellement reconstituée d'après diverses corrélation régionales. Vers la base deux datations radiométriques.



Quelques Taxons caractéristiques de la coupe de référence de Tjéri (Kane).Éléments SAHÉLIENS

<i>Amaranthaceae</i> (type)	<i>Commiphora africana</i> (Burseraceae)
<i>Acacia</i> , <i>Gummiferae</i> (Mimosaceae)	Compositae, Tubuliflorae
<i>Acacia raddiana</i> (Mimosaceae)	<i>Byphaena thabrica</i> (Palme)
<i>Acacia cf. senegal</i> (Mimosaceae)	<i>Indigofera</i> sp. (Papilionaceae)
<i>Acacia seyal</i> (Mimosaceae)	<i>Morua crassifolia</i> (Capparidaceae)
<i>Balanites aegyptiaca</i> (Balanitaceae)	<i>Mitracarpus scaber</i> (Rubiaceae)
<i>Borreria</i> sp. (Rubiaceae)	<i>Hemocoma ciliata</i> (Acanthaceae)
<i>Capparis decidua</i> (Capparidaceae)	<i>Oldenlandia</i> sp. (Rubiaceae)
<i>Capparis</i> sp. (Capparidaceae)	<i>Salvadora persica</i> (Salvadoraceae)
<i>Celaenia trigyna</i> (Amaranthaceae)	<i>Trianthema pentandra</i> (Aizoaceae)
<i>Coccolus pendulus</i> (Nesiospermaceae)	<i>Tribulus</i> sp. (Zygophyllaceae)

Éléments SOUDANO-GUINEENS

<i>Adina</i> sp. (Rubiaceae)	<i>Hymenocardia acida</i> (Euphorbiaceae)
<i>Alchornea cordifolia</i> (Euphorbiaceae)	<i>Kaukoa</i> sp. (Rubiaceae)
<i>Bridelia ferruginea</i> (Euphorbiaceae)	<i>Olea hookstetteri</i> (Oleaceae)
<i>Bridelia cf. solaromana</i> (Euphorbiaceae)	<i>Uapaca</i> sp. (Euphorbiaceae)
<i>Elaeis guineensis</i> (Palme)	

-----