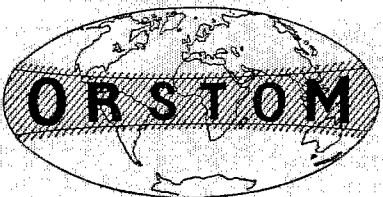


NOTES TECHNIQUES
DU CENTRE ORSTOM
DE N'DJAMÈNA

N° 12

EVOLUTION GÉOLOGIQUE RECENTE
DU
BASSIN DU TCHAD



P. MATHIEU

LA RECHERCHE DE BASE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT

F08093

N° 12

EVOLUTION GEOLOGIQUE RECENTE
DU BASSIN DU TCHAD

par P. MATHIEU

INTRODUCTION

Les paysages actuels, tels qu'ils se présentent à l'observateur ne peuvent se comprendre qu'en retraçant l'histoire des phénomènes ayant présidé à leur élaboration. Il faut donc faire un retour dans le passé en se servant des documents disponibles. Ces documents ne sont autres que les sédiments remplissant la cuvette tchadienne qui nous livreront leur histoire si l'on prend soin d'en faire une lecture attentive et critique. *

Une question souvent posée est de savoir quelle peut être l'utilité d'une telle investigation sur le plan pratique. Sans s'attarder sur le fait qu'elle permet de satisfaire les esprits curieux, prenons quelques exemples concrets.

- Applications agronomiques :

Les sols de la cuvette tchadienne se développent dans la plupart des cas sur des formations sédimentaires où alternent sables et argiles. La nature du matériel parental est, avec les conditions climatiques et topographiques locales, un des principaux facteurs de la différenciation des sols. Ainsi, pour les pédologues, la reconnaissance des formations sédimentaires au Tchad a-t-elle été un préalable indispensable à l'établissement de la carte des sols.

* L'échelle des temps géologiques est très différente de la nôtre : ainsi les quelques derniers millions d'années avant notre ère sont considérés comme des périodes géologiquement récentes et l'histoire de l'homme n'occupe qu'une infime partie de l'ère dite quaternaire.

- Bilan de l'eau :

On sait l'importance économique de l'eau tout particulièrement dans les régions arides et semi-arides, pour la mise en valeur agropastorale ; il est donc nécessaire de protéger efficacement cette ressource naturelle et d'en connaître les possibilités. Les couches sédimentaires, par leur perméabilité plus ou moins grande, règlent la circulation des eaux souterraines qu'il s'agisse de l'infiltration des eaux météoriques ou des écoulements souterrains latéraux. La reconnaissance des sédiments en profondeur permet de déterminer la géométrie des couches aquifères et d'estimer le volume des réserves ainsi que leur possibilité de renouvellement. L'exploitation des nappes d'eaux souterraines est souvent freinée par le manque de connaissance sur la nature géologique du bassin.

- Ressources minérales :

Dans certaines conditions, les formations sédimentaires constituent des pièges permettant des concentrations minérales d'intérêt économique. Outre les réserves en eau et en hydrocarbures qu'elles peuvent recéler, on y trouve parfois des minerais de fer, des phosphates qui sont des dépôts fossiles. On y observe également, et notamment au Tchad, des cristallisations actuelles de sels exploitables en surface : c'est le cas des natronnières du Kanem qui sont de véritables laboratoires naturels.

- Constructions d'ouvrage :

Notons également que la nature des couches sédimentaires est à prendre en considération pour implanter les fondations des ouvrages d'art et les colonnes filtrantes des ouvrages de captage des eaux souterraines.

LA MISE EN PLACE D'UN BASSIN DE SEDIMENTATION CONTINENTALE :

LA CUVETTE TCHADIENNE

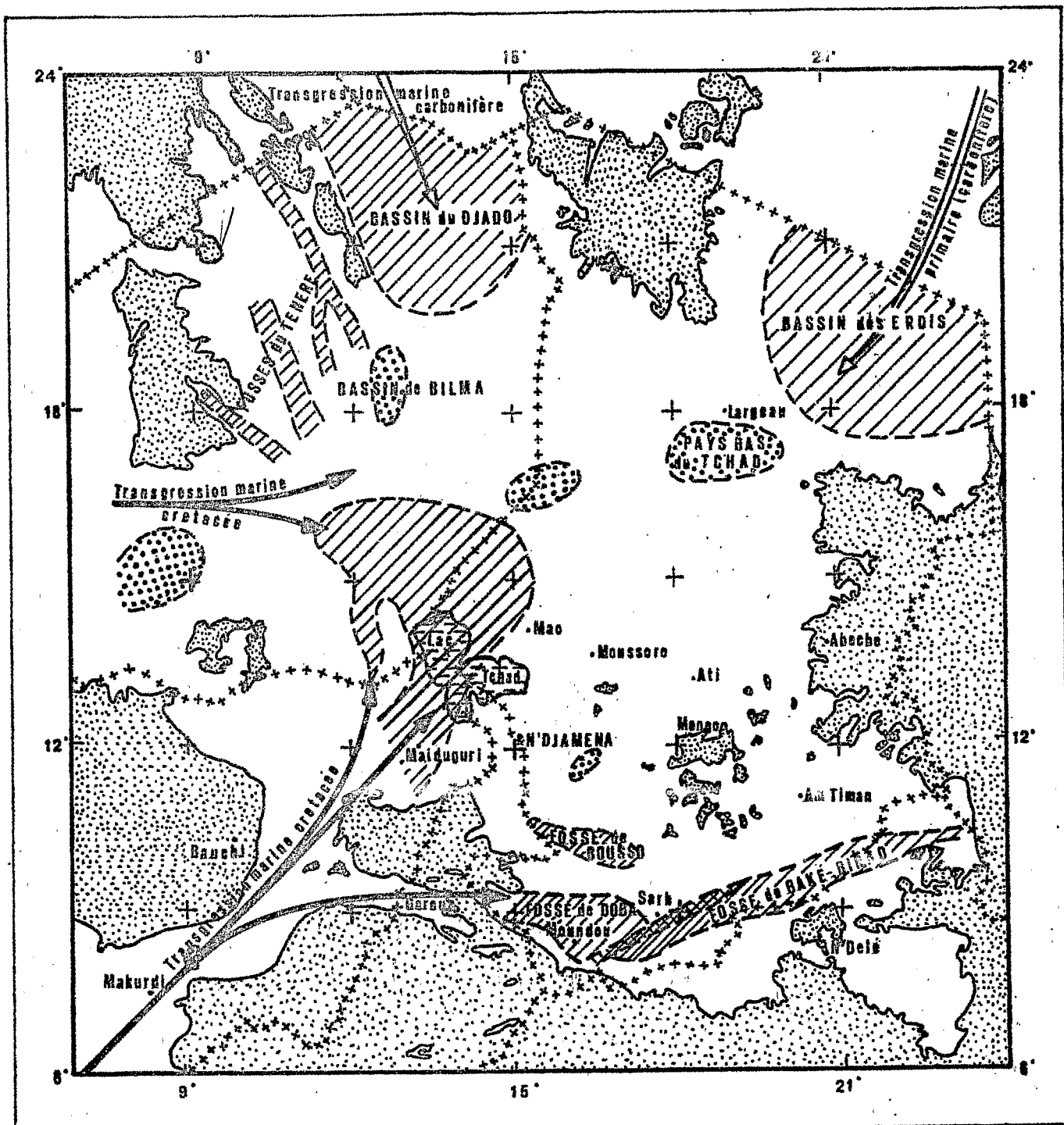
Le bassin tchadien se présente comme une cuvette fermée de 2.300.000 km² subdivisée actuellement en plusieurs bassins secondaires dont celui du lac Tchad est le plus vaste puisqu'il couvre une superficie d'environ 1.500.000 km².

Il constitue un vaste réceptacle ayant accueilli les matériaux apportés par les rivières et arrachés aux massifs de bordure ou provenant du remaniement des sédiments plus anciens. Ce remplissage sédimentaire masque un socle ancien antérieur à 600 millions d'années (Précambrien). Ce socle affleure à la périphérie du bassin (Mounio, Aïr et Tchad, à la frontière de la R.C.A., au sud de l'Ennedi, dans le Ouaddaï, le sud Batha, le Salamat, le Mayo-Kebbi). Il affleure également sous la forme de massifs circonscrits (inselbergs) qui percent la couverture sédimentaire, notamment dans le Chari-Baguirmi et le Batha (par exemple, les rochers d'Adjer-el-Hamis).

Des zones d'approfondissement du socle ont été mises en évidence par les techniques de la géophysique : elles constituent des fosses à Doba et dans la région située à l'ouest et au nord du lac actuel. Ces fosses ont été en grande partie comblées par des sédiments marins lors de la transgression de la mer secondaire (Crétacé) (figure 1).

C'est au cours de la période tertiaire que s'individualisent les premières ébauches de ce qui va devenir le bassin tchadien proprement dit, à une date encore indéterminée, probablement entre 40 et 10 millions d'années avant notre ère.

A la fin de cette période qui correspond à la fin de l'ère tertiaire (Pliocène) et au début du Quaternaire, la cuvette était probablement occupée par un ou plusieurs lacs de très vaste superficie soumis à des fluctuations de niveaux avec des émergences temporaires de sédiments.



ECHELLE : 0 100 200 300 400 500 km



- | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------------------------|
|  | Socle affleurant |  |] Socle profond
(plus de 1000 m) |
|  | Zone haute du socle |  | |

Figure 1. - Esquisse topographique du socle dans le bassin tchadien (d'après P. LOUIS, 1970)

Les limites de ce lac sont difficiles à préciser. Elles se situeraient vers le nord sensiblement au niveau du 16° parallèle, l'ancien rivage étant jalonné dans la région de Koro-Toro par des gisements de vertébrés.

Le bassin de sédimentation a pu subir des déformations (mouvements tectoniques) depuis l'ère primaire, mouvements qui se poursuivront, bien qu'imperceptiblement, au Quaternaire et pouvant provoquer jusqu'à de véritables inversions de relief. Ainsi, la région que l'on appelle le "Bas-Pays", au nord-est du lac actuel, se serait affaissée d'une centaine de mètres pendant le Quaternaire.

Le bassin a également subi des conditions climatiques différentes de celles du climat actuel. Alors que par exemple, à la fin du Tertiaire, la cuvette congolaise était soumise à un régime subdésertique, il régnait sur la cuvette tchadienne un climat tropical humide comme l'indiquent certains témoins cuirassés.

D'autres changements paléoclimatiques clairement identifiés sont matérialisés au Pliocène par l'apparition de sables éoliens (indice de climat sec) intercalés dans les dépôts lacustres du Bahr-El-Ghazal. Ces changements de climats se sont ensuite répétés et se traduisent dans les dépôts par des alternances de sables dunaires et de sédiments lacustres plus fins (argiles). Mais leur chronologie détaillée ne peut être établie, dans l'état actuel des connaissances que pour la période la plus récente de l'ère Quaternaire (Pléistocène), soit approximativement depuis 40.000 ans BP. *

A la fin de l'ère tertiaire s'est donc individualisé un vaste bassin de sédimentation lacustre, qui va fonctionner pendant tout le Pliocène jusqu'à l'époque actuelle mais avec d'importantes variations de niveau en grande partie liées aux fluctuations climatiques.

* B.P. : Before Present (avant 1950, cette date étant prise comme référence de l'époque actuelle)

DONNEES STRATIGRAPHIQUES (cf. tableau)

Les dépôts tertiaires et quaternaires dans la cuvette tchadienne sont constitués d'alluvions fluviales, de dépôts lacustres, de dépôts éoliens et de formations volcaniques dans le B.E.T.

La série du BODELE est constituée de sédiments peu différenciés appartenant au Tertiaire supérieur : ce sont des sables, des grès avec quelques intercalations argileuses. Cette série est essentiellement fluviale et correspond à ce que l'on appelle le Continental Terminal.

Le développement des premiers faciès typiquement lacustres apparaît dans la série du BAHR-EL-GHAZAL épaisse d'une centaine de mètres qui contient une microflore de diatomées*. A cette série appartient la formation de KORO-TORO constituée d'argiles diatomitiques datées de 5 à 4 millions d'années (Pliocène). Elle constitue la base de la série.

Elle est surmontée par la formation d'ALANDJAGA datée de 3 à 1,9 millions d'années. Cette formation est uniformément argileuse avec quelques lits de diatomites intercalés. La formation de MOROUO, datée de la fin du Pléistocène ancien, est caractérisée par l'apparition au sein des argiles lacustres de cendres volcaniques et de sables éoliens. Absent des formations plus anciennes, du calcaire apparaît massivement sous forme de nodules et de dalles discontinues.

Cette série est intéressante car elle représente le premier témoignage d'une nappe d'eau continentale dans le bassin. Son âge est Pliocène mais elle se termine probablement dans le Quaternaire (Pléistocène ancien). Les dépôts calcaires et les sables éoliens observés à son sommet pourraient correspondre aux premiers grands changements climatiques ayant affecté la cuvette tchadienne.

* Diatomées : algues microscopiques unicellulaires à coque siliceuse. La forme de cette coque siliceuse varie avec les espèces. Ces débris siliceux sont parfois abondants au point de constituer la majeure partie du dépôt auquel on donne le nom de diatomite.

STRATIGRAPHIE TCHADIENNE

Ages absolus	Chronologie stratigraphique		Principaux évènements	Dépôts	
1 800 ans	QUATERNAIRE	HOLOCENE	Actuel. erg actuel	Série de Labdé	
3 200			Volcans du Tibesti		4è transgression - 3è delta
5 400					3è erg.
12 000					3è transgression - 2è delta
20 000					2è erg
21 000	2è transgression				
40 000	PLEISTOCENE RECENT	PLEISTOCENE ANCIEN	1er erg.	Série des Soulias	
1			1è transgression - 1er delta lacustre		Série du Bahr-El-Ghazal
millions d'années			TERTIAIRE	PLIOCENE MIOCENE OLIGOCENE EOCENE PALEOCENE	Individualisation de la cuvette tchadienne
10	Manifestations volcaniques	Continental Terminal (série du Bodelé)			
25					
40					
70					
230			SECONDAIRE	Séparation Afrique-Amérique du Sud	Limite de la transgression marine du Crétacé
600	Manifestations volcaniques de la fin du Crétacé	- Sédiments continentaux (grès)			
	PRIMAIRE		Invasion marine du Carbonifère	- Sédiments marins (Erdi, Djado)	
			Mouvements tectoniques	- Grès (à plantes), calcaires	
	PRECAMBRIEN		Mouvements tectoniques	- Granites socle - Roches métamorphiques - Conglomérats	

La série des SOULIAS est antérieure à 40.000 ans BP et, donc d'âge Pléistocène moyen et supérieur. Au nord du 13ème parallèle, elle est constituée par des sables éoliens à lentilles d'argiles ou de calcaires lacustres. La disposition lenticulaire de ces argiles tient au fait qu'elles sont déposées dans le fond d'anciennes dépressions interdunaires. Dans le sud, elle est représentée par des sables fluviatiles peu remaniés par le vent, intercalés de couches argileuses.

Cette série des Soulias correspond à une succession de phases arides qui ont favorisé les remaniements éoliens (et probablement le déplacement des dunes) et de phases relativement humides ayant permis la mise en eau des dépressions interdunaires. Une coupe faite à Soro indique que les conditions sèches et désertiques ont été interrompues au moins à 3 reprises par des épisodes climatiques humides.

La série de LABDE correspond à des dépôts lacustres de 10 à 15 m d'épaisseur qui tapissent les dépressions interdunaires du Kanem. Dans cette série, il a été mis en évidence deux séquences de sédimentation lacustres séparées par une phase de retrait des eaux ayant conduit à un assèchement temporaire presque complet des interdunes du Kanem oriental. Les termes les plus anciens de cette série ont été datés grâce au carbone -14 à 12.000 ans BP. Les termes les plus récents se situeraient entre 2.400 ans BP et l'actuel.

L'ensemble de ces dépôts continentaux a une épaisseur qui peut dépasser localement 600 m (figure 2).

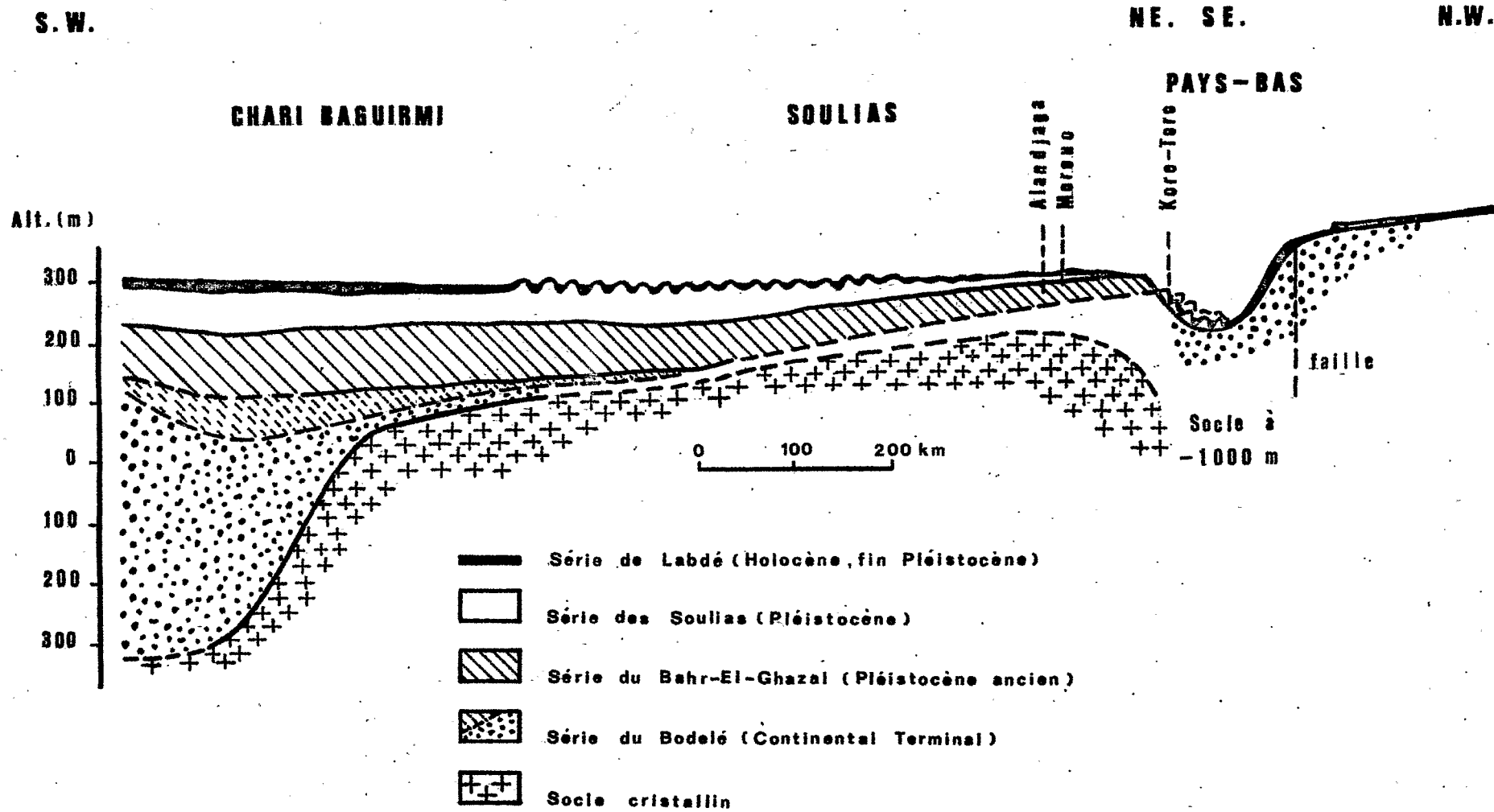


Figure 2. - Coupe schématique de la cuvette du Tchad de Fort-Foureau à la falaise d'Angamma.
(d'après M. SERVANT, 1973)

RECONSTITUTION DES FLUCTUATIONS DU NIVEAU LACUSTRE PENDANT LE QUATERNAIRE

L'histoire géologique récente de la cuvette est en fait celle du lac Tchad.

On a pu mettre en évidence plusieurs transgressions lacustres correspondant à des phases humides, intercalées de périodes plus arides pendant lesquelles les dépôts exondés subissent d'importants remaniements éoliens. Les transgressions lacustres ont pu être, dans certains cas, relativement bien délimitées grâce à la découverte de cordons sableux qui correspondent à d'anciennes lignes de rivages lacustres. (figure 3).

La ou les premières transgressions se seraient produites à la fin du Tertiaire. On aboutit, au cours du Quaternaire ancien et moyen, au comblement de la cuvette par des matériaux issus de l'ablation partielle de formations plus anciennes et des massifs de bordure, le processus étant accentué par des mouvements de subsidence* de la cuvette et, à l'inverse, par des mouvements de surrection des massifs.

Plus on se rapproche de l'époque actuelle, plus les liaisons entre la sédimentation fluvio-deltaïque et l'extension du lac Tchad sont reconnaissables.

Le premier delta quaternaire du Chari couvre 40.000 km² dans le triangle Bongor - Bokoro - Miltou. Le lac, d'une superficie de 850.000 km² atteignait alors une cote de 380 à 340 m.

Puis s'installe une phase climatique aride avec édification du premier erg formé de dunes orientées NE-SW ; celles-ci s'étendent au sud-ouest de N'Djaména entre les 10ème et 11ème parallèles. L'âge de cet

* Subsidence : phénomène courant dans les bassins sédimentaires consistant en un enfoncement lent et périodique des sédiments déclenché par leur masse.

erg est approximativement de 30.000 ans BP. Le lac n'est plus alors constitué que de quelques mares résiduelles.

Une seconde transgression lacustre se produit vers 21.000 ans BP. La cuvette semble avoir été occupée par d'immenses marécages et les sédiments qui se déposent se retrouvent aujourd'hui à des altitudes variables échelonnées entre 350 et 450 m. C'est à cette époque que se produit le déversement des eaux de la cuvette Tchadienne vers la Bénoué par l'intermédiaire du sillon des lacs de Fianga-Tikem-Toubouris.

A la suite d'un retour à des conditions climatiques plus arides, la cuvette s'assèche et se développe le second erg qui édifie ses dunes suivant une orientation NW-SE c'est à dire transverse à celle du 1er erg. Ce deuxième erg, marqué par des ondulations de faible amplitude, s'étend au nord du 12ème parallèle.

La troisième transgression due à une troisième période humide est datée de 12.000 ans BP. C'est alors que se constitue le premier tracé du réseau hydrographique actuel. Le lac, qui a atteint la cote 320 m occupe une superficie de 350.000 km². Ses limites sont marquées entre Bongor et Koro-Toro par un cordon sableux qui se prolonge au Cameroun, au Nigéria et au Niger. Le débouché des cours d'eau dans le lac est marqué par un second delta du Chari, moins important que le premier, d'une superficie de 20.000 km².

Ce troisième lac régresse à son tour à la faveur d'un nouveau changement climatique intervenu vers 5400 ans BP. Cette période aride a laissé des traces éparses correspondant au troisième erg : système dunaire du lac Fitri, accolements sableux aux abords des massifs, dunes se superposant au 2ème erg au nord du lac.

Mais une nouvelle phase pluviale moins importante que les précédentes va provoquer la quatrième transgression entre 3200 et 1800 ans BP. Le nouveau lac occupe 180.000 km². Il est limité au sud par un cordon

sableux qui apparait actuellement au sud-est de Tourba. Ce lac a atteint au maximum la cote 287-290 m. Un troisième delta s'édifie au nord de N'Djaména dont la superficie ne dépasse pas 5.000 km². Il est entrecoupé de nombreuses voies d'eau telles que l'El Beïd, le Serbewel, l'Iredip etc... qui sont encore partiellement fonctionnelles.

Depuis cette dernière avancée lacustre jusqu'à l'époque actuelle, le lac a subi une nouvelle régression mais encore marquée de fluctuations. C'est ainsi que la tradition orale rapporte qu'il y a une centaine d'années on pouvait circuler en pirogue jusqu'à Moussoro. Le lac devait alors atteindre la cote 284 m.

Actuellement, en période normale, le lac atteint la cote absolue de 282 m. De 1964 à 1971, le plan d'eau est passé de 283,3 m à 280,8 m, la surface, de 23.500 km² à 19.000 km² et le volume de 105 à 49 milliards de m³.

Le delta actuel, beaucoup plus réduit que les précédents, se développe au nord de Djimtilo. Parallèlement à cette régression lacustre, l'erg actuel se met en place au nord du 16ème parallèle.

Le lac Tchad que nous observons aujourd'hui est donc un des derniers témoins des nombreuses nappes d'eau qui se sont étendues sur toute la cuvette tchadienne.

TENTATIVE DE RECONSTITUTION DES VARIATIONS CLIMATIQUES AU COURS DES QUARANTE DERNIERS MILLENAIRES

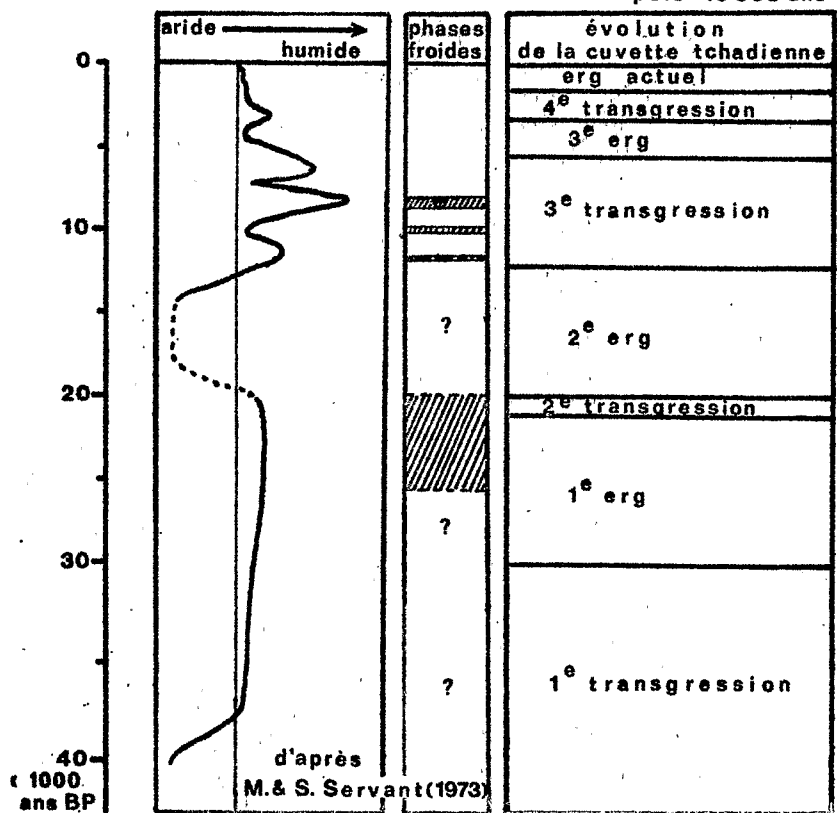
En région sahélienne, les grandes étendues lacustres telles que celle du lac Néolithique (vers 6.000 ans BP) doivent être considérées comme des exceptions. En général, il faut plutôt concevoir des lacs isolés les uns des autres. La distribution de ces lacs et leur régime d'ali-

Fig.3: Transgressions lacustres pendant le Quaternaire (d'après PIAS, 1970)



[Dotted area] : Altitude supérieure à 500 m
 1,2,3 : Deltas successifs du Chari
 I,II,III,IV : Transgressions

Fig.4: Evolution paléoclimatique du bassin du Tchad depuis 40 000 ans BP



mentation sont liés aux conditions topographiques. Les lacs de piémont sont alimentés par les ruissellements sur les versants ; les lacs interdunaires, par les apports de la nappe phréatique. Seuls les grands lacs hydrographiques peuvent recevoir les apports fluviaux drainant des bassins versants de très grande superficie.

Au cours des temps géologiques, et en particulier au Quaternaire, des lacs ont existé en de nombreux points du Sahara comme en témoignent les anciens dépôts lacustres. Ces témoins se répartissent sur près de 5.000 km entre les 14° et 22° parallèles et un certain nombre ont été datés par des méthodes modernes (radioactivité).

Les lacs ont-ils évolué de manière synchrone et leurs variations de niveaux ont-elles une signification paléoclimatique ?

Les déformations de la croûte terrestre (mouvements tectoniques) peuvent entraîner des anomalies dans la répartition des dépôts. Cependant l'étude stratigraphique et sédimentologique de ces derniers permet d'apprécier leur environnement au moment où ils se sont formés. D'après l'importance et l'altitude du plan d'eau correspondant, les anciens rivages, la faune fossile, les associations de diatomées, on peut reconstituer les conditions climatiques pendant ces périodes, totalement différentes de ce que nous connaissons actuellement : la pluviosité était plus forte, l'évaporation plus réduite, le niveau des nappes phréatiques plus élevé et parfois la température moyenne plus basse.

L'ensemble de ces observations, étayées par des déterminations d'âges absolus, a permis de proposer une interprétation des variations climatiques pendant le quaternaire récent, c'est à dire depuis 40.000 ans BP (figure 4).

C'est ainsi que sont mises en évidence deux grandes invasions lacustres, l'une entre 40.000 et 20.000 ans BP, l'autre entre 12.000

ans BP, et le dernier millénaire, avec un maximum d'humidité vers 8.000 à 9.000 ans BP (lac d'altitude 320 m), entrecoupées de périodes arides mineures. Ces deux phases sont séparées par une période de désertification située entre 20.000 et 12.000 ans BP au cours de laquelle s'est édifiée au Tchad le 2ème erg. La limite méridionale du Sahara a alors été décalée de 400 à 800 kms vers le sud.

LE LAC TCHAD DANS LE PAYSAGE ACTUEL

Le lac Tchad occupe actuellement une toute petite partie (19.000 km²) d'une cuvette de 1.500.000 km² s'étendant entre 6° et 20° de latitude nord et 7° et 25° de longitude est.

Sa cote moyenne de 282 m ne constitue pas le point le plus bas de la cuvette. Les "Bas-Pays", au nord de Koro-Toro, qui se sont affaissés pendant le Quaternaire, atteignent l'altitude de 160 m. Une faible remontée du niveau du lac permettrait à ce dernier de se déverser dans le Bahr-El-Ghazal en direction des "Bas-Pays". Vers le nord, les eaux du lac sont barrées par l'erg actuellement fixé du Kanem.

L'alimentation du lac est assurée à 90 % par les apports fluviaux dont 83 % viennent du Chari. Le bassin-versant du Chari-Logone est adossé au flanc nord de l'Adamaoua (Cameroun) et à la dorsale Centrafricaine. Le long de l'axe fluvial, on peut suivre l'évolution des caractéristiques climatiques qui se traduit du sud au nord par une diminution des précipitations et une augmentation de l'évaporation.

A cet étagement climatique en latitude s'ajoute un des traits essentiels du bassin : son endoréisme (c'est à dire l'absence d'évacuation vers l'extérieur du bassin). On peut ainsi suivre dans l'espace et dans le temps la migration des éléments solides et en solution venant des zones bordières pour se réunir dans les parties les plus basses du bassin. Pendant leur cheminement d'amont en aval, les eaux s'évaporent, les éléments minéraux dissous se con-

centrent, les particules en suspension décantent. L'eau de pluie, pratiquement pure, qui alimente le bassin et les solutions saturées qui permettent la cristallisation des sels dans les natrionières du Kanem représentent les deux extrémités de cette chaîne.

Ce modèle naturel permet aux spécialistes d'étudier la sélection et le devenir de la matière dans le paysage et, par comparaison avec le passé, d'en tirer des conclusions valables pour de vastes régions du continent africain.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- LOUIS (P.), 1970 - Contribution géophysique à la connaissance géologique du bassin du lac Tchad
Mém. ORSTOM, 42, 311 p. + annexe
- PIAS (J.), 1970 - Les formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent
Mém. ORSTOM, 43, 407 p. + cartes, h.t.
- SERVANT (M.), 1973 - Séquences continentales et variations climatiques : évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur.
Thèse, Sciences, Université Paris VI, 348 p.
- SERVANT (M.) et SERVANT (S.), 1973 - Le Plio-quaternaire du Bassin du Tchad. 9ème Congrès Int. de l'INQUA, décembre 1973, pp. 169 - 175
- VINCENT (P.M.), 1963 - Les volcans tertiaires et quaternaires du Tibesti occidental et central (Sahara du Tchad).
Mém. B.R.G.M., 23, 307 p.

NOTES TECHNIQUES DEJA PARUES

- N° 1 - L'ensemble Yaérés - Bas-Chari - Lac Tchad et la production piscicole au Tchad -
par A. ILTIS
- N° 2 - La cartographie des sols et la notion de régionalité
Ses applications au Tchad -
par J. HERVIEU
- N° 3 - Les polders du Lac Tchad - Milieu naturel et formation des sols -
Conséquences de la sècheresse -
par M. RIEU
- N° 4 - Les ressources en protéines au Tchad - Disponibilités et
orientations nouvelles -
par A. CORNU
- N° 5 - Les méthodes de mesures en hydrologie et leur mise en oeuvre
en République du Tchad -
par A. CHOURET
- N° 6 - Les poissons du fleuve Chari - Clef de détermination -
par L. LAUZANNE
- N° 7 - Mils et Sorghos du Tchad - Caractères, sélection et
exigences culturelles -
par S. ASSEGNINOU et J. HERVIEU
- N° 8 - Le lac Tchad et son système d'alimentation - Conséquences
des périodes de sècheresse -
par A. CHOURET
- N° 9 - Effets de la sècheresse sur les peuplements de poissons
dans le lac Tchad et le Delta du Chari -
V. BENECH
- N° 10 - Les techniques de pêche pratiquées dans la région du lac
Tchad et du Bas-Chari -
par J. FRANC
- N° 11 - Les activités de l'ORSTOM en République du Tchad