

J. PIAS

LES FORMATIONS TERTIAIRES ET QUATERNAIRES DE LA CUVETTE TCHADIENNE  
(RÉPUBLIQUE DU TCHAD). PRÉSENTATION DE L'ESQUISSE GÉOLOGIQUE AU 1/1 000 000<sup>e</sup>

Les formations continentales terminales et quaternaires anciennes à moyennes.

*Premières transgressions.*

Les formations continentales terminales s'observent au Tchad aux pieds du massif de l'Ennedi et du Tibesti dans la vaste dépression du Borkou tandis que des buttes témoins éparses montrent leur existence dans l'intérieur même du massif du Ouaddaï. Dans le sud du pays, ces formations se retrouvent de façon continue, au sud d'une ligne passant par Gounou Gaya, Kelo, Guidari, Kyabé et vont s'appuyer sur les contreforts de l'Adamaoua.

Elles sont représentées par plusieurs centaines de mètres de sédiments qui se sont déposés dans la vaste cuvette dont le Tchad ne constitue que la partie orientale. Des alternances de grès et sables diversifiés grossiers, intercalés de bancs d'argilites plus ou moins épais font penser à plusieurs cycles de sédimentation et à une origine fluvio-lacustre des dépôts. Les formations continentales terminales encore appelées séries paléotchadiennes (WACRENIER 1961) apparaissent donc comme résultant de phases érosives se produisant sur les massifs du pourtour, consécutives à des mouvements de surrection de ceux-ci accompagnés de subsidence de la cuvette tchadienne. Les dépôts qui en sont résultés reposent en discordance sur des formations cénozoïques turonienues dans le sud du Tchad (Pala).

La surface bauxitique résiduelle de Koro.

Un premier équilibre semble avoir été atteint après le dépôt de la série paléotchadienne supérieure constituée principalement par des argilites. Sous un climat de type tropical très humide, s'effectue une pédogenèse accusée dont résulte une première surface qui se manifeste au site de Koro. Cette phase d'équilibre paraît avoir été assez longue ou les conditions climatiques particulièrement accusées si l'on considère uniquement les produits d'altération où dominent les hydroxydes d'alumine (gibbsite dominante et boehmite 85%, kaolinite 5%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3%, TiO<sub>2</sub> 3%, quartz 2%).

La deuxième surface ferrallitique.

Une nouvelle tectonique de surrection des massifs ou de subsidence de la cuvette conduit ensuite, par des mouvements de flexure, à l'ablation des sédiments et des sols des séries paléotchadiennes supérieure et moyenne dans l'arrière pays au contact des contreforts de l'Adamaoua, de la série supérieure plus au nord, tandis que les sédiments ainsi enlevés venaient combler la partie centrale de la cuvette en subsidence très marquée. On peut estimer à une centaine de mètres l'épaisseur des sédiments ainsi enlevés en tablant sur ce que nous voyons à Koro.

A la fin de cette période, nous tendons vers la constitution d'une nouvelle surface au cours de laquelle les cours d'eau, ayant atteint leur profil d'équilibre, se produisent sous climat tropical humide ou semi-humide dans les sols des phénomènes généralisés de ségrégation du fer. Ceux-ci aboutissent à la formation de cuirasses ferrugineuses ou d'horizons gravillonnaires par suite d'action de nappe dans les sols ferrallitiques qui se forment à cette époque. Ces vastes surfaces plus ou moins bien drainées dont les cours d'eau ont atteint leur profil d'équilibre évoquent une importante étendue lacustre constituant le niveau de base.

Des buttes témoins résiduelles qui s'observent de nos jours, autour des pointements du socle jusqu'au 12<sup>e</sup> parallèle, sont peut-être les vestiges de cette première surface. Elles sont constituées par des sols rouges très épais (8-10 m et plus) à kaolinite dominante et un peu d'illite, riches en goethite et hématite (représentant 10 à 12% de la fraction colloïdale inférieure à 2 μ). Les minéraux lourds sont essentiellement constitués par du zircon (70 à 95%) avec un fort pourcentage d'opacités. En profondeur s'observe soit un horizon bariolé qui évoque des phénomènes anciens d'hydromorphie ou parfois un niveau concrétionné.

La surface cuirassée générale.

De nouveaux mouvements tectoniques ou épirogéniques accompagnés d'un abaissement du niveau de base amènent la destruction presque totale de la surface précédente.

Deux hypothèses peuvent être envisagées :

a) L'arasement de cette surface va se faire jusqu'au point de résistance que va constituer l'horizon cuirassé ou gravillonnaire des sols précédents. La surface cuirassée qui se créait à cette époque

malgré les déformations importantes qu'elle a pu subir ultérieurement se retrouve à des altitudes relativement constantes (420-500 m). Les produits détritiques des horizons supérieurs vont combler la cuvette.

b) Il y a pénéplation en liaison avec le nouveau niveau de base créé, érosion de la surface précédente dont les produits les plus fins sont entraînés dans la cuvette tandis que les plus grossiers, notamment les plus riches en sesquioxides, demeurent en place et participent à la formation de la cuirasse ferrugineuse par recimentation. Cette cuirasse ferrugineuse est vacuolaire et relativement homogène. Elle est, le plus souvent, épaisse de 2 à 3 m, parfois 4 à 5 m et repose très fréquemment sur le même horizon bariolé que celui observé en profondeur dans les sols ferrallitiques. Cette cuirasse est à kaolinite (30 à 35%), hydroxydes de fer (30 à 40%) et quartz (30%), mais contient cependant parfois des quantités non négligeables de gibbsite (10%).

La surface cuirassée présente des témoins encore abondants jusqu'au 16<sup>e</sup> parallèle dans le voisinage des massifs du Ouaddaï. Elle est particulièrement bien représentée sur tout le pourtour du massif central tchadien.

Elle a subi des déformations après sa mise en place. C'est ainsi que dans la partie est de ce massif, elle descend progressivement vers la dépression des bahrs Aouk, Salamat, Keïta, par une succession de paliers semblables aux marches d'un immense escalier. Dans le sud (région nord de Baïbokoum), elle couronne des formations de grès ou d'argilite qui surplombent la surface actuelle de plusieurs dizaines de mètres. Elle évoque là, du fait de son morcellement et de son altitude plus élevée, des cuirasses de talwegs qui se raccordaient à la surface cuirassée générale et qui ont été mises en position haute par suite d'inversion de relief, consécutivement à des mouvements épirogéniques et à des phénomènes d'érosion.

L'âge de cette surface cuirassée est généralement daté en d'autres pays d'Afrique comme fin tertiaire, début quaternaire. La deuxième surface ferrallitique.

Elle s'observe dans la partie la plus méridionale du Tchad, au sud du 9<sup>e</sup> parallèle et s'est constituée après la surface cuirassée générale. On la voit actuellement dans les parties les plus arrosées du Tchad (pluviométrie 1 000 à 1 300 mm).

Il s'agit, ici encore, de sols rouges argilo-sableux, très profonds (10 m et plus) qui présentent en profondeur le niveau bariolé de couleur saumon, jaunâtre, jaune ocre pâle, à traînées blanches et pisolithes brun-rouille se prenant parfois en masse pour donner une cuirasse assez peu consolidée. Le niveau bariolé précédent se poursuit en-dessous de celle-ci sur plusieurs mètres.

Dans ce sol, la kaolinite est dominante, associée aux hydroxydes de fer. La fraction sableuse est importante. Les minéraux lourds sont principalement ici : zircon, rutile, tourmaline, avec une proportion plus ou moins importante de staurotite, disthène et parfois zoisite. Ce sont des minéraux identiques que l'on retrouve dans les roches mères (grès, arkoses, grès-argileux).

Cette deuxième surface ferrallitique se confond avec la surface actuelle dans le sud du Tchad. Son âge est inconnu. Elle paraît avoir subi des rajeunissements successifs consécutifs aux alternances pluvial-aride du quaternaire récent. La grande épaisseur de l'altération, une dizaine de mètres et plus, laisse supposer une longue pédogenèse si l'on retient les chiffres avancés par G. AUBERT, N. LENEUF 1960 (?). Cette remarque est également valable pour la surface bauxitique et la première surface ferrallitique.

Les formations anciennes remaniées.

L'ablation de la surface bauxitique de Koro, celle de la première surface ferrallitique, les rajeunissements vraisemblables de la seconde surface ferrallitique ont eu pour conséquence des apports importants de produits d'érosion dans la cuvette dont les plus récents sont actuellement visibles sous forme d'une couverture sédimentaire superficielle où dominent des argiles, des limons et la série à dominance sableuse la plus récente décrite par J. BARBEAU (1956) (?).

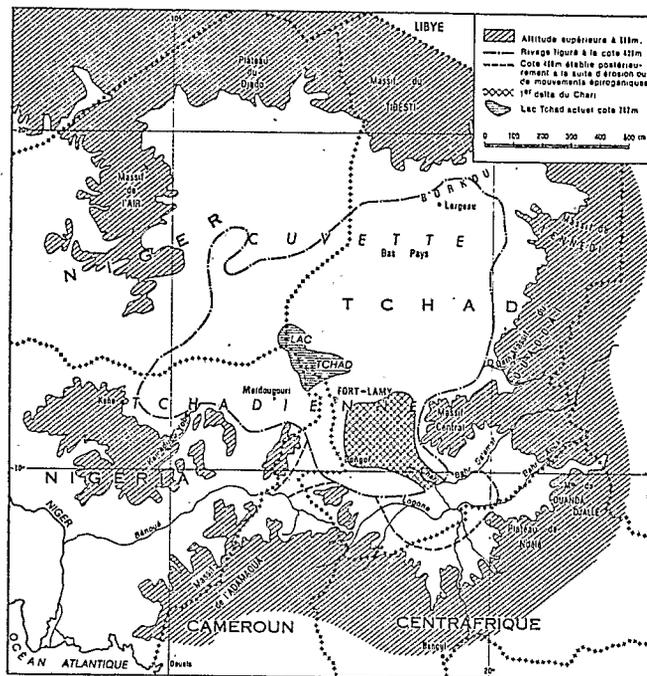
Cette dernière série est représentée dans sa partie supérieure par les formations anciennes remaniées, qui se sont sédimentées dans un vaste lac Tchad ayant pour cote 380-400 m. Le lac avait une superficie de 850 000 km<sup>2</sup>.

ORSTOM Fonds Documentaire

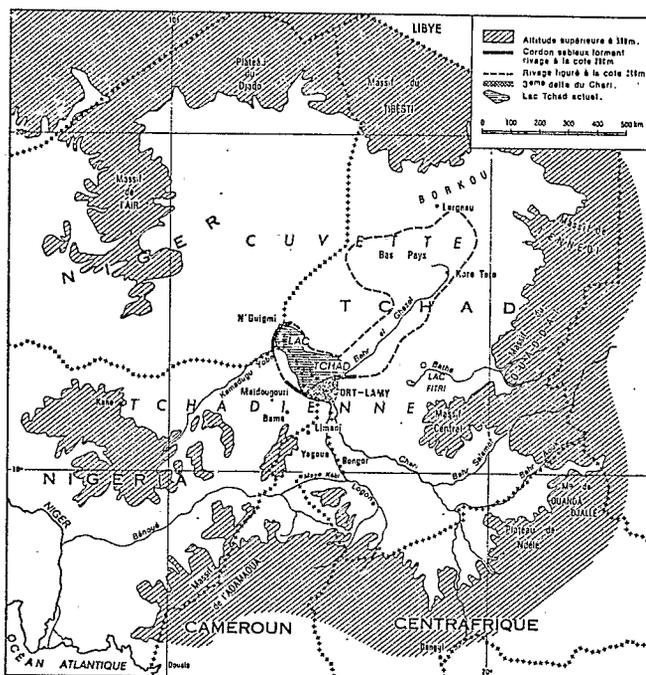
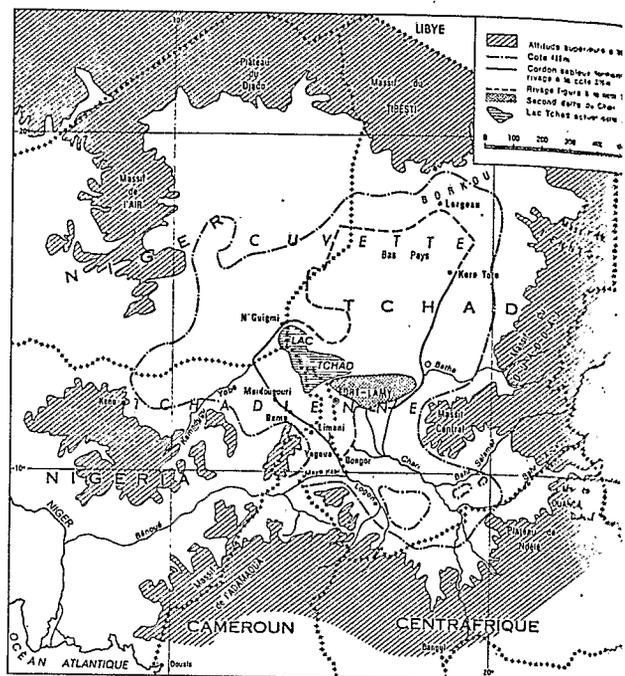
N° : 21765

Cote : B

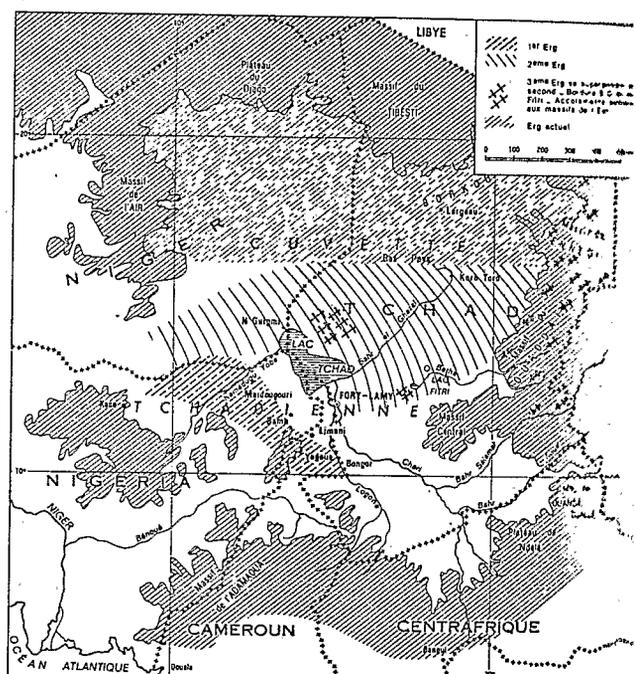
### 1<sup>re</sup> ET 2<sup>me</sup> TRANSGRESSIONS



### 3<sup>me</sup> TRANSGRESSION



### 4<sup>me</sup> TRANSGRESSION



### LES ERGS SUCCESSIFS

#### Les formations au sud du 13<sup>e</sup> parallèle :

Elles constituent un énorme delta du Chari qui couvrait environ 40 000 km<sup>2</sup> dans le triangle Bongor-Bokoro-Miltou. Ce delta, en fait, commençait sans doute plus au sud, dans la région de Niellim-Fort Archambault où des sédiments identiques sont observés, en aval de la région où venaient alors confluer Chari et Logone. En effet, ce dernier fleuve n'avait pas encore creusé son actuelle vallée au sud de Lai et rejoignait le Chari au nord de Fort-Archambault (BOUTEYRE-CABOT-DRESCH 1964).

Si des mouvements de subsidence, postérieurs à ce premier delta se sont produits en nous référant aux travaux de FAURE au Niger, qui indique également une incursion lacustre à la cote 400 m, ceux-ci sont de plus modeste importance que ce qui est signalé par cet auteur. Il serait d'une vingtaine de mètres pour la cote 380, de 50 m si l'on retient l'altitude actuelle de Miltou, 350 m.

Les sédiments de ces formations ont été prélevés aux formations continentales terminales et sont constitués de sables essentiellement quartzueux diversement triés où dominent les éléments subanguleux, tandis que les minéraux lourds sont surtout zircon, tourmaline, disthène, staurotite et parfois épidoite verte, zoisite. Les minéraux argileux de ces sédiments sont à kaolinite à laquelle s'ajoute de la montmorillonite en quantité importante.

#### Les formations au nord du 13<sup>e</sup> parallèle :

La vaste zone d'épandage sableux au nord du 13<sup>e</sup> parallèle tire son origine du manteau gréseux paléozoïque, créacé ou triasique qui couvrait anciennement les massifs de l'est. Cette ouverture y a pratiquement disparu et ne subsiste plus qu'à l'ouest de buttes témoins.

L'examen morphoscopique de grès indique que certains d'entre eux avaient subi primitivement une phase d'éolisation importante.

Les formations sont, ici encore, essentiellement sableuses, à très large dominance de quartz éoliens et subanguleux. Ces sédiments sont bien à très bien triés. Les minéraux lourds que l'on y observe sont le zircon dominant, la tourmaline, le rutile.

La fraction argileuse est un mélange de montmorillonite et de kaolinite auxquelles s'ajoute de l'illite.

Ces formations anciennes remaniées ont subi, après leur érosion, plusieurs périodes arides.

La première (premier aride) n'est plus visible que dans la partie sud-ouest de la cuvette tchadienne au Cameroun est en N'Gai qui elle se présente sous la forme de dunes longitudinales nord-sud-ouest. Cet erg fossile descend jusqu'au 10<sup>e</sup> parallèle. Les sables quartzueux qui le constituent sont très peu éolisés.

est-il eu assèchement complet du lac lors de cet aride ? Nous ignorons. Les derniers alignements que nous connaissons au Cameroun s'observent jusqu'au 11° parallèle. Ils disparaissent au nord sous des formations lacustres. Le remaniement n'a peut-être affecté que les bordures immédiates de l'ancienne étendue lacustre sans se développer sur les sédiments du premier delta transformés en marécage.

#### Les formations quaternaires récentes.

Plusieurs faits se sont produits au cours de cette période qui ont une importance :

— Les nouvelles successions d'arides et de pluviaux en liaison avec des variations climatiques importantes ;

— L'ouverture de la cote 380-400 m, soit à la suite de mouvements épigénétiques et de subsidence, ou d'érosion. Ouverture qui se marque par la création du sillon des lacs de Fianga, Tikem et Toubouris qui va permettre l'écoulement des eaux à la cote du trop-plein d'un nouveau lac Tchad vers la Bénoué ;

— Le changement de cours du Logone qui va se façonner un entre Lai et Bongor après avoir franchi le seuil constitué par les horos de Guidari, Bébaïem.

#### Deuxième transgression. — Dépôt de séries fluvio-lacustres argilo-sableuses.

Après d'un nouveau pluvial, le passage aride-pluvial amène une érosion intense des surfaces émergées et le dépôt de sédiments argilo-sableux dans des lacs ou des marécages. Ces sédiments, aux sables très mal triés, relativement grossiers, évoquent des matériaux ruisselés par des transports brutaux et arrachés soit aux formations continentales terminales dans le moyen-Logone, soit à ces mêmes formations ou à des plus anciennes et aux massifs massifs central tchadien, massif du Ouaddaï.

Parmi les minéraux s'observent alors assez abondamment de la horn-blende et de l'épidote verte.

L'existence de ces étendues lacustres ou marécageuses est confirmée par la présence de diatomées trouvées dans certains échantillons.

Cette reprise de l'érosion en cours de pluvial a pu se trouver favorisée par de nouveaux mouvements tectoniques. C'est sans doute à cette période, ou à la fin de celle-ci, que se serait produit l'ouverture du sillon des lacs de Fianga, Tikem et Toubouris.

De tels mouvements tectoniques ne sont pas nécessaires en début de pluvial pour expliquer la reprise de l'érosion. En effet, la phase aride qui a précédé ce nouveau pluvial avait amené un abaissement sensible du niveau de base qui a favorisé la reprise de l'érosion sur le relief avant que se soit établi un nouvel équilibre.

Les séries argilo-sableuses déposées se retrouvent à des altitudes élevées pouvant atteindre par endroits, celle de la surface étagée : 350-400 m dans le bassin du Logone au sud de Lai, 200-220 m dans les bassins des bahrs Salamat, Aouk, Keïta, 150-170 m dans le massif du Ouaddaï et le massif central tchadien.

À la fin de cette période, un cours d'aride va se produire par assèchement progressif des parties immergées et le remaniement de ces formations sableuses anciennes au nord du 13° parallèle et de celles du premier delta du Chari. Ce remaniement donnera naissance au second erg dont les alignements nord-ouest sud-est et nord-sud se perçoivent encore de nos jours jusqu'au 12° parallèle et sont particulièrement bien développés sur la bordure est et nord du lac Tchad, moindres dans l'est du Tchad.

#### La troisième transgression. — Dépôt de séries sableuses et lacustres récentes.

À la suite d'un nouveau pluvial, un nouveau lac va occuper la cuvette. Dans le sud du Tchad, d'importants cours d'eau vont mettre en place la série sableuse récente (\*) (bassins du moyen-Logone, des Bahrs Aouk, Keïta, Salamat) qui forme des alignements diversement orientés : nord-sud, nord-est, sud-ouest, est-ouest.

En même temps s'ébauchent les premiers tracés de l'actuel réseau hydrographique : premier tracé du Logone, en aval de Lai, du Chari en aval de Miltou.

C'est au début de ce pluvial que le Logone emprunte son nouveau cours au sud de Lai, alors que précédemment, il rejoignait le Chari.

Dans l'est du Tchad se créent, sur les piedmonts des massifs, des lacs dont la vidange brutale en cours de pluvial amène, dans les plaines, l'arasion ou l'ablation superficielle des formations sableuses anciennes que constituait le deuxième erg. De longs couloirs de sable orientés est-ouest marquent le passage des eaux de déferlement qui vont rejoindre le lac Tchad.

Un nouveau lac se forme, marqué par un cordon sableux qui s'étend au Tchad de Bongor à Koro-Toro à la cote 320 m. Ce lac avait une superficie de 350 000 km<sup>2</sup> environ.

Le sillon des lacs de Fianga, Tikem et Toubouris sert d'exutoire aux eaux du lac Tchad vers la Bénoué. De même les vallées de la Loka et de la Kabia collectent les eaux d'inondation du Logone à l'arrière de ce lac.

Le Chari de cette époque se scindait en trois bras, à la hauteur de Miltou : Chari actuel, Batha de Laïri, Bahr Erguig.

Ce dernier était le bras principal et allait se jeter dans le lac Tchad à Dourbali. Il a constitué en aval de ce village, un important delta, le second delta du Chari qui couvre 20 000 km<sup>2</sup>. Le Batha de Laïri avait un delta plus modeste à l'est de ce dernier. Dans le lac lui-même, pendant cette période, se déposait la série lacustre récente (\*).

Ce lac va régresser ensuite à la faveur de nouvelles conditions climatiques. La période aride qui succède a laissé certaines traces (troisième erg), telles :

— Le remaniement éolien du delta du Batha de Laïri sur la bordure sud et sud-ouest du lac Fitri qui se manifeste par un système de dunes longitudinales ;

— Des remaniements éoliens superficiels qui se traduisent par de multiples petites dunes longitudinales, aujourd'hui fixées par la végétation graminéenne, dunes qui se superposent au précédent système dunaire (deuxième erg) au nord de l'actuel lac Tchad ;

— Des accolements sableux éoliens autour de pointements du socle dans le massif du Ouaddaï. Ces accolements se sont constitués à partir des sables éolisés prélevés aux formations anciennes remaniées mais, à l'inverse de ces dernières, présentent comme la série sableuse récente d'importantes quantités de horn-blende, ce qui les différencie bien du deuxième erg.

Au début de la régression de ce lac, a dû se créer la dépression du Bahr el Ghazal. En effet, l'assèchement des bas-pays et de la dépression du Borkou à des latitudes plus septentrionales, s'est effectué plus rapidement que dans les parties méridionales mieux arrosées et a provoqué la création de courants empruntant les voies les plus favorables : l'une sud du lac partant à l'ouest de Massakory, la seconde sur la côte est qui débutait au sud de N'Gouri et rejoignait le Bahr el Ghazal à la hauteur de Moussoro.

#### Quatrième transgression. — Dépôt de séries fluviale et lacustre subactuelle à actuelle.

Une nouvelle phase pluviale, moins importante que les précédentes, va se traduire par une nouvelle avancée du lac Tchad dont la limite vers le sud est donnée par un cordon sableux discontinu, observé du nord de N'Gouma (Cameroun) au sud-est de Tourba (Tchad) et celle de dépôts coquilliers trouvés sur les replats de certaines dunes sur la bordure du lac Tchad et dans la dépression du Bahr el Ghazal. La cote extrême de cette transgression serait de 287-290 m. Le lac avait alors une superficie de 180 000 km<sup>2</sup> environ.

À cette époque, se constituent les tracés de certains fleuves comme le Logone en aval de Bongor, tandis que le Chari adopte un nouveau cours principal abandonnant ses anciens parcours Batha de Laïri et Bahr Erguig. Il va se jeter alors dans le lac Tchad, à la hauteur de Fort-Lamy où son nouveau delta, le troisième, couvrant 5 000 km<sup>2</sup>, est encore visible, principalement au Cameroun par les multiples voies d'eau accompagnées de bourrelets de texture fine qui découpent l'ancienne étendue lacustre argileuse. Le bahr Erguig va alors se jeter dans l'importante fosse de Massénia qu'il morcelle de ses multiples bras bordés de bourrelets créant une sorte de delta dans ce lac intérieur. Le Batha va faire de même dans la fosse nord d'Oum Hadjer.

Au cours de cette transgression, le lac envahit de nouveau par la dépression du Bahr el Ghazal, les bas pays, tandis qu'au Borkou dans des conditions plus arides, se créent des étendues marécageuses. Le niveau de base, constitué par le lac du précédent pluvial, s'est abaissé et les rivières s'enfoncent dans leurs anciennes vallées, laissant en surplomb (de 5 à 10 m) les terrasses alluviales constituées antérieurement.

#### La période actuelle.

De cette dernière avancée lacustre à nos jours, le lac en nouvelle régression, a subi des fluctuations saisonnières ou périodiques de plus faible importance dont une très récente datant d'une centaine d'années.

Il en est fait mention dans les traditions locales. Les autochtones affirment ainsi que l'on se rendait en pirogue jusqu'à Moussoro. Ceci a été confirmé en 1870 par NACHTIGAL. Les eaux du lac atteignaient alors, d'après A. BOUCHARDEAU (1957) la cote 284 m. À l'inverse, en 1925, le lac se serait trouvé 2 à 3 m en-dessous de son niveau actuel (282-283 m).

L'erg actuel se situe au nord du 16° parallèle.

#### Essais de datation des différentes périodes du quaternaire récent.

Il y a donc eu, au cours du quaternaire récent, une succession : — de pluviaux marquée par des extensions lacustres visibles : par des dépôts argileux ou argilo-sableux ; par l'empreinte laissée par des deltas fossiles ; par des cordons sableux côtiers ;

— d'arides marquée par la présence d'ergs fossiles. Les différents ergs ne sauraient être confondus.

Le premier erg descend ainsi jusqu'au 10° parallèle tandis qu'au nord, vers le 11-12° parallèle, les dunes longitudinales qui le constituent disparaissent, soit enfouies sous des sédiments lacustres, soit oblitérées par le deuxième erg. Ce dernier se manifeste sur les sédiments du premier delta du Chari et sur la série sableuse ancienne au nord du 13° parallèle. Il s'agit de dunes

transverses, de très large amplitude, pouvant atteindre 15 à 20 m de hauteur sur les rivages est et nord du lac Tchad. Ce deuxième erg descend jusqu'au 12° parallèle. Le cordon sableux de la cote 320 m se superpose à cet erg et est postérieur à celui-ci. Le troisième erg, plus modeste, a peu refaçonné le second erg au nord du lac Tchad actuel. Il se marque seulement par quelques dunes longitudinales sur les plateaux sableux. Il est, par contre, bien visible au sud et sud-ouest du lac Fitri où il est constitué de dunes longitudinales qui ont repris le delta du Batha de Laïri contemporain du deuxième delta du Chari. Il est aussi visible dans les massifs du Ouaddaï où il forme des accolements sableux où parmi les minéraux lourds, s'observent de la hornblende comme on en trouve dans la série sableuse récente.

Des travaux et datations au carbone 14, au Niger, en Egypte; au Sahara, en Angola et de toutes récentes au Tchad (SCHNEIDER 1967) (\*) permettent un essai de datation schématisé dans le tableau ci-dessous.

Chronologie du dépôt des formations sédimentaires récentes

Etage	Niveau du lac en m	Sédimentation	Remaniement éolien Limite inférieure	Age approximatif B.P. d'après divers auteurs (*)
Actuel	282	Dépôt argileux (polder)	Erg actuel 16° parallèle	
		Série alluviale actuelle à subactuelle		1 500
4 <sup>e</sup> transgression	287-290	Série argileuse subactuelle à récente (3 <sup>e</sup> delta)		2 500
Récurrence sèche			3 <sup>e</sup> erg (12° parallèle)	
3 <sup>e</sup> transgression	320	Série argileuse récente Série sableuse (2 <sup>e</sup> delta)		5 000
Récurrence sèche			2 <sup>e</sup> erg (12° parallèle)	
2 <sup>e</sup> transgression		Série fluvio-lacustre ancienne		> 20 000
Récurrence sèche	400		1 <sup>er</sup> erg (10° parallèle)	
1 <sup>re</sup> transgression		Série ancienne remaniée (1 <sup>er</sup> delta)		50 000 (?)

(\*) BAKKER-CLARK 1962, BUTZER 1961, FAURE 1966, SCHNEIDER 1967.

#### Les sols du quaternaire récent.

Les sédiments déposés au cours de cette période ont donc subi une ou plusieurs pédogenèses après leur immersion.

Ces pédogenèses se sont effectuées pour les sédiments sableux bien drainés en position topographique haute lors de la période pluviale. Il s'agit de pédogenèse assez fortement accusée. Lors de l'aride, la pédogenèse sera faible et dans le terme ultime sera suivie d'un remaniement éolien important donnant naissance aux ergs.

A l'inverse, les sédiments à texture plus fine, en position basse, mal drainés vont subir leur pédogenèse principalement en cours d'aride après leur exondation.

En fonction de la latitude et du type de sédiments, nous aurons les pédogenèses suivantes :

#### Sédiments sableux bien drainés :

- En période pluviale :
  - ferruginisation de moins en moins accusée en remontant en latitude donnant des sols ferrugineux lessivés en argile à taches et concrétions souvent à hydromorphie de profondeur et plus au nord, des sols ferrugineux peu ou pas lessivés en argile, faiblement lessivés en fer ;
  - steppisation à des latitudes plus septentrionales.
- En période aride suivant l'intensité et la latitude :
  - steppisation,
  - remaniement éolien en erg.

Sédiments à texture fine, position topographiquement basse (ancien fond lacustre ou marécageux) :

a) En cours d'aride et en fonction de la latitude les pédogenèses qui se développeront seront :

- l'hydromorphie
- la vertisolisation } avec formation de nodules calcaires
- l'halomorphie de plus en plus accusée en remontant vers le nord.

b) En cours de pluvial :

- l'hydromorphie,
- puis la submersion temporaire à permanente.

Ces différentes pédogenèses pour chacun des deux types de sédiments seront cumulatives et s'accuseront après plusieurs alternances pluvial-aride.

Des rajeunissements de ces sols pourront se produire lors de la phase d'érosion, notamment lors du passage aride pluvial et plus fort de l'aride lors du remaniement éolien.

C'est ainsi que les différentes séries sédimentaires du quaternaire récent par le jeu d'une ou plusieurs pédogenèses ont donné les sols suivants :

Formations anciennes remaniées.

a) Sud du 13° parallèle :

— Sol ferrugineux tropical peu ou non lessivé en argile à légère accumulation diffuse du fer sur 2 à 3 m, donnant une légèreté (1<sup>er</sup> delta du Chari) ;

— sol ferrugineux tropical lessivé en argile à taches et concrétions plus au sud.

b) Nord du 13° parallèle : deux pédogenèses cumulatives se superposent :

— la ferruginisation qui est ancienne et a donné des sols du même type que ceux du 1<sup>er</sup> delta ;

— une steppisation actuelle ou subactuelle.

Ces deux pédogenèses cumulatives ont abouti à la formation d'un « sol brun-rouge subaride ».

Série sableuse récente.

a) Sud (bassin du moyen Logone) :

— sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions, soumis souvent à hydromorphie de profondeur ;

b) Nord (2<sup>e</sup> delta du Chari — vallées de l'est du Tchad) : — sol brun subaride.

Série fluviale subactuelle à actuelle exondée tout récemment

a) Sud, sol peu évolué ou hydromorphe ;

b) En remontant vers le nord, sol halomorphe à alcalis.

Séries fluvio-lacustre ancienne et lacustre récente :

Sols différents en fonction de l'âge des sédiments, de la position topographique et de la latitude. Ainsi les sols formés sur la surface fluvio-lacustre ancienne vont présenter une très abondante nodulation calcaire (bassin du moyen Logone). Cette nodulation, elle se retrouve aussi dans des argiles plus récentes, ne devient importante qu'à des latitudes plus septentrionales (3<sup>e</sup> delta du Chari).

Ces sédiments, qui ont leur pédogenèse principalement en cours d'aride, ont donné naissance à des sols hydromorphes, des vertisols, des sols halomorphes (solonetz et solonets solodisés).

Au nord, dans la dépression du Borkou, les surfaces ont été rajeunies par érosion éolienne, notamment. On a alors des sols minéraux bruts ou peu évolués. La pédogenèse ne se marque que dans cette région que dans les fonds à nappe peu profonde (palmettes) où se développent des sols hydromorphes et halomorphes.

Les sols que l'on observe dans la cuvette tchadienne sont le reflet non seulement de la pédogenèse actuelle, mais de pédogenèses anciennes dont certaines remontent au milieu ou à la fin du tertiaire. C'est le cas des sols de la surface de Koro et de ceux de la première surface ferrallitique et de la surface cuirassée générale. De telles pédogenèses ont nécessité des temps considérables pour se développer.

Les pédogenèses du quaternaire récent qui se sont effectuées au cours des pluviaux pour les sédiments exondés bien drainés ont conduit, pour les sédiments les plus anciens, à des sols ferrugineux tropicaux lessivés au sud, peu lessivés au nord, pour des sédiments moins anciens à des sols bruns subarides.

Les sols brun-rouge subarides observés au nord du 13° parallèle apparaissent comme le résultat conjugué de ces deux pédogenèses sur un matériau relativement ancien.

Pour les sédiments immergés en cours de pluvial ou très mal drainés, les pédogenèses se sont effectuées principalement pendant les périodes arides et ont abouti à la formation de sols hydromorphes, de vertisols ou de sols halomorphes. De telles pédogenèses ne nécessitent pas de temps exagérément long pour se marquer fortement.

#### Résumé.

Les formations quaternaires du Tchad tirent essentiellement leur origine, soit du démantèlement de surfaces anciennes formées au cours des dépôts d'âge continental terminal (surface bauxitiques de Koro — surface cuirassée générale — surfaces ferrallitiques plus ou moins récentes) ou plus anciens, soit des massifs eux-mêmes. Les dépôts sont venus se sédimenter dans plusieurs lacs Tchad successifs dont deux sont délimités par des cordons littoraux tandis que trois deltas fossiles du Chari sont discernables.

Les séries fluviatiles sableuses, ou fluvio-lacustres et argilo-sableuses et argileuses sont distinguées et correspondent à des phases d'extension du lac Tchad consécutives à des périodes d'aridité, tandis qu'en cours d'aridité s'opéraient des remaniements ayant donné naissance à des ergs.

Une tentative de datation des différentes séries sédimentaires a été effectuée ainsi qu'un essai d'interprétation des pédogenèses en fonction de la répétition des alternances climatiques arides et humides.

#### Séries

1) Pour ces auteurs, des durées de 22 000 à 77 000 années dans les régions très humides et de 53 000 à 192 000 années en zones moins humides, sont nécessaires pour amener l'altération d'une épaisseur de 1 m de granite en Côte-d'Ivoire.

2) Dans la région de Fort-Lamy, la superposition suivante est observée au-dessus du socle :

- Série à dominance argileuse : 10 m,
- Série à dominance sableuse : 50 m,
- Série à dominance argileuse : 150-200 m,
- Série à dominance sableuse : 50-60 m.

3) La série sableuse récente est diversement représentée. Dans les bassins du Logone et Chari et des bahrs Salamat, Aouk, Keita s'observent :

Un faciès grossier aux sables subanguleux mal triés, dont le diamètre augmente avec la profondeur où se note un pourcentage important de feldspaths. Parmi les minéraux lourds, on trouve, en plus du zircon, de la sillimanite, de l'épidote verte, du disthène, de la hornblende ;

Un faciès fin (2<sup>e</sup> delta du Chari) aux sables quartzeux très bien triés à fort pourcentage d'éolisés. Les minéraux lourds sont essentiellement les mêmes que précédemment.

Dans l'est du Tchad, les sables sont quartzeux, subanguleux et éolisés et diversement triés, ceci du fait qu'ils proviennent, soit des massifs, soit de la série sableuse ancienne. La hornblende est abondante parmi les minéraux lourds.

La fraction argileuse dans les différents cas est à montmorillonite et kaolinite parfois illite sauf dans le bassin du moyen Logone et des bahrs Salamat, Aouk, Keita où elle est à dominance de kaolinite.

(4) La série lacustre récente est caractérisée par des sédiments argileux déposés par décantation ou parfois sous l'influence de faibles courants comme au voisinage des rivages ou de l'embouchure des cours d'eau où la texture devient argilo-sableuse.

Les minéraux lourds sont en faible quantité, sans dominante spéciale. La fraction argileuse est à montmorillonite dominante associée à de la kaolinite et de l'illite.

(5) Le lac de la cote 320 m a été ainsi daté, antérieur à 5 400 ans B.P. Son retrait dans les bas pays du Tchad a pu être suivi ainsi :

- Cote 305 m 4 350 ans B.P.,
- Cote 265 m 3 160 ans B.P.

#### Bibliographie.

ALIMEN H., BEUCHER F. et CONRAD G. — *Chronologie du dernier cycle pluvial aride au Sahara nord-occidental*, C. R. Acad. Sci. Paris, 1966, t. 263 D, p. 5-8.

AUBERT G. et LENEUF N. — *Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation*. Int. Congr. Soil Sci. 7, Madison, 1960, vol. IV, p. 225-228.

BAKKER E. M. van Zinderen and CLARK J. D. — "Pleistocene climates and cultures in North eastern Angola", *Nature*, 1962, 196, p. 639-642.

BARBEAU J. — *Sondage et paléo-hydrographie au Chari Baguirmi*, Dir. des Mines et Géol. A.E.F., Fort-Lamy, 1956, 57 p. multigr., 10 pl.

BOUCHARDEAU A. et LEFEVRE R. — « Monographie du lac Tchad », O.R.S.T.O.M.-C.S.L.T., Fort-Lamy, 1957, 112 p., multigr., 13 graph., carte 1/500 000<sup>e</sup>.

BOUTEYRE G., CABOT J., DRESCH J. — « Observations sur les formations du Continental Terminal et du quaternaire dans le bassin du Logone (Tchad) », *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 1964, 7<sup>e</sup> série, t. VI, p. 23-27.

BUTZER K. W. — *Les changements climatiques dans les régions arides depuis le Pliocène. Recherches sur la zone aride*, UNESCO Paris, 1961, XVII, p. 35-64.

FAURE H. — *Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental*. Mém. B.R.G.M., 1966, n° 47, 630 p., carte 1/1 000 000<sup>e</sup>.

PIAS J. et GUICHARD E. — *Origine et conséquence de l'existence d'un cordon sableux dans la partie sud-ouest de la cuvette tchadienne*. C.R. Acad. Sci. Paris, 1957, t. 244, p. 791-793.

PIAS J. — *Transgressions et régressions du lac Tchad à la fin de l'ère tertiaire et au quaternaire*. C. R. Acad. Sci. Paris, 1958, t. 246, p. 800-803.

PIAS J. — *Sédimentation au quaternaire dans l'est de la cuvette tchadienne (Massifs du Ouaddaï et de l'Ennedi, plaines de piedmont)*, C. R. Acad. Sci. Paris, 1960, t. 250, p. 1514-1516.

PIAS J. — *Quatre deltas successifs du Chari au quaternaire (Républiques du Tchad et du Cameroun)*. C. R. Acad. Sci. Paris 1967, t. 264, p. 2357-2360.

PIAS J. — *Chronologie du dépôt des sédiments tertiaires et quaternaires dans la cuvette tchadienne (République du Tchad)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 1967, t. 264, p. 2432-2435.

SCHNEIDER J. L. — « Evolution du dernier lacustre et peuplements préhistoriques aux pays bas du Tchad », *A.S.E. Q.U.A.*, 1967, n°s 14-15, p. 18-28.

WACRENIER Ph. — « Recherche de bauxite au Logone et au Mayo Kébi ». *Bull. Inst. Equat. Rech. Et. Géol. et Min.*, 1961, n° 14, p. 37-41.

#### Intervention.

M. FAURE : La très belle carte de M. PIAS établie d'après des livres pédologiques, devrait permettre de choisir les points clés pour établir les superpositions des différentes formations définies.

Dans votre stratigraphie du sud du Tchad, où se placeraient les dépôts à vertébrés de Y. COPPENS ?

Réponse : Entre les anciennes surfaces et l'histoire récente, surtout étudiée ici, il y a une grande lacune dans la stratigraphie. C'est là que se placerait le Villafanchien *pro parte* et le pléistocène moyen.