

Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VI, n° 3-4, 1968

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES TERTIAIRES ET QUATERNAIRES DE LA CUVETTE TCHADIENNE ET DES SOLS QUI EN DÉRIVENT

(République du Tchad)

Résumé de la thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles soutenue le 24 juin 1968 à la Faculté des Sciences de Paris.

Jury : P^{rs} L. GLANGEAUD, G. LUCAS, G. AUBERT, R. SCHNELL.

par J. PIAS*

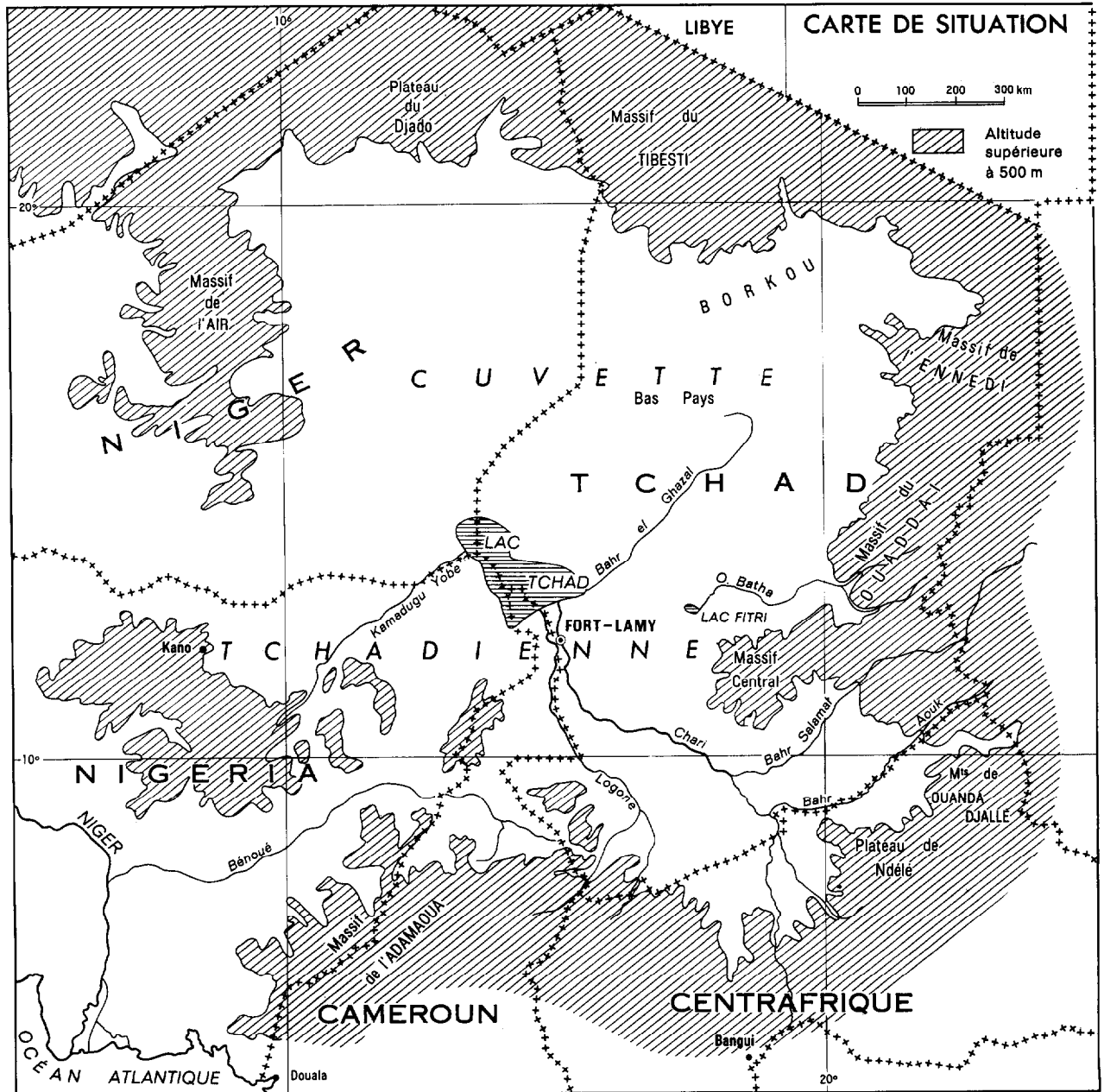
RÉSUMÉ

Les formations quaternaires du Tchad tirent essentiellement leur origine, soit du démantèlement de surfaces anciennes formées sur des dépôts d'âge continental terminal (surface bauxitique 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 et du Logone sont discernables.

Diverses séries fluviatiles sableuses, ou fluvio-lacustres et lacustres argilo-sableuses et argileuses sont distinguées et correspondent à des phases d'extension du Lac Tchad consécutives à des pluviaux, tandis qu'en cours d'aride s'opéraient des remaniements éoliens ayant pu donner naissance à des ergs.

Les dépôts sableux subirent une pédogenèse qui devait les conduire à des sols ferrugineux tropicaux dans le Sud, des sols subarides dans le Nord. Les dépôts lacustres devaient évoluer après leur exondation en période aride ou semi-aride vers des vertisols, des sols halomorphes (solonetz, solonetz solodisés), des sols hydromorphes, cela en fonction de la latitude.

* Directeur de recherches. S.S.C. de Bondy.



SUMMARY

The quaternary formations of lake Chad owe their origin essentially either to the breaking up of old surfaces formed on deposits of terminal continental material (Koro bauxitic land surface, main lateritic surface or less recent ferrallitic surfaces) or of an older age, or to the mountains themselves. The deposits built up sediment in several successive Chad lakes of which two are bounded by shore lines. Three fossilized deltas of Chari and Logone rivers can be recognized.

One can distinguish various sandy river or river-lake series, as well as sand-clay and clay lake series, which all correspond to periods during which Lake Chad increased following rainy periods, while during arid periods wind movements gave rise to sand hills.

Sand deposits underwent a pedogenesis which changed them into tropical ferruginous soils in the south and sub-arid soils in the north. The lake deposits, having dried up during arid or semi-arid periods, became vertisols, halomorphic soils (solonetz, solodized solonetz) or hydromorphic soils, according to the latitude.

La cuvette tchadienne, située au cœur de l'Afrique sous des climats actuels variés allant du type soudano-guinéen (Pluviométrie 1 200 mm) au type saharien (Pluviométrie inférieure à 200 mm), a été soumise au cours des temps géologiques relativement récents (Tertiaire - Quaternaire) à des alternances climatiques accusées.

Pendant cette même période se produisaient des mouvements tectoniques ou épirogéniques amenant la surélévation des massifs du pourtour et la subsidence de la cuvette tchadienne dans laquelle se déposaient les sédiments enlevés par érosion.

1 - LES TRANSGRESSIONS LACUSTRES AU TERTIAIRE ET AU QUATERNAIRE. LES SÉDIMENTS. LES SOLS

Plusieurs phases lacustres transgressives se perçoivent de l'ère Tertiaire à nos jours. Elles sont séparées les unes des autres par des périodes arides au cours desquelles se sont façonnés des ergs.

PREMIÈRES TRANSGRESSIONS

Plusieurs centaines de mètres de sédiments (300 à 700 m suivant les auteurs) ont été déposés au Tertiaire à une période mal précisée (Eocène - Miocène). Ils sont constitués d'alternances de grès, de sables de grossièreté et de triage divers, à zircon, tourmaline, rutile, mais aussi à disthène, staurotide. Ces grès et sables sont intercalés d'argilites.

La fraction colloïdale est kaolinique au sud, avec de l'hématite et de la goethite et des traces d'illite plus au nord.

Ces formations, appelées *Continental Terminal* ou séries paléotchadiennes, subissent dans les parties émergées (sud du Tchad) plusieurs pédogenèses.

On note l'existence de plusieurs surfaces anciennes de sols :

- surface bauxitique de Koro formée sur la série paléotchadienne supérieure ;
- première surface ferrallitique dont les vestiges se retrouvent jusqu'au nord du 12^e parallèle ;
- surface cuirassée générale (cote 420-500 m) qui tire son origine du démantèlement de la surface précédente et qui a été déformée ultérieurement ;
- deuxième surface ferrallitique qui se confond avec la surface actuelle dans la partie la plus méridionale.

Les premières de ces surfaces ont été érodées et ne subsistent plus qu'à l'état de buttes témoins isolées tandis que les produits d'érosion allaient combler une nouvelle fois la cuvette tchadienne et donner naissance aux *formations anciennes remaniées* qui forment deux ensembles :

- le premier delta du Chari (triangle Miltou-Bongor-Bokoro couvrant 40 000 km²). Il évoque un très grand lac (850 000 km² à la cote 400 m) qui doit être mis en corrélation avec un pluvial. Ces sédiments sableux présentent les mêmes minéraux lourds que précédemment, mais dans la fraction argileuse apparaît fréquemment de la montmorillonite.

- la vaste zone d'épandage sableuse au nord du 13^e parallèle, tirant son origine du manteau paléozoïque, crétacé, tertiaire qui couvrait anciennement les massifs de l'est. Les sédiments sableux très bien triés, très éolisés présentent les mêmes minéraux lourds, et la montmorillonite est l'élément dominant de la fraction inférieure à 2 μ .

Ces formations ont donné naissance à des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés lors d'un premier pluvial, à des sols brun-rouge subarides pour ceux de la partie nord pendant un second.

La phase aride qui succéda aux dépôts de ces sédiments amena le remaniement des formations sableuses de bordure en cours d'exondation (premier erg fossile du Cameroun et de Nigéria descendant jusqu'au 10^e parallèle) et la création d'un système de dunes longitudinales NE SW.

DEUXIÈME TRANSGRESSION

Lors du début d'un nouveau pluvial, le passage aride-pluvial amène une érosion intense des surfaces émergées, le dépôt de *sédiments argilo-sableux* dans des lacs ou des marécages. Ces sédiments déposés lors du pluvial se retrouvent à des altitudes variées pouvant atteindre celles de la surface cuirassée générale. Leurs sables sont très mal triés. Ils contiennent de la hornblende près des massifs. La fraction argileuse est, le plus souvent, de la montmorillonite. Une abondante nodulation calcaire se développera postérieurement dans ces sédiments et ils évolueront vers des vertisols ou des sols halomorphes.

C'est à cette période que s'ouvre le sillon des lacs Toubouris faisant communiquer le bassin tchadien avec celui de la Bénoué qui conduit à un abaissement progressif du lac de la cote 400 m. Lacs et marécages s'assècheront complètement à l'aride suivant, en même temps que le premier delta du Chari et les formations sableuses au nord du 13^e parallèle donneront naissance à un deuxième erg de dunes transverses NO-SE et N-S.

TROISIÈME TRANSGRESSION

Un nouveau pluvial succède à la phase aride et 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 aligne-

ments diversement orientés : N-S, NE-SW, E-W, etc. C'est au début de ce pluvial que la Pendé et le Logone occidental empruntent leur nouveau cours au sud de Laï alors que précédemment ils rejoignaient le Chari par la vallée du Mandoul.

Un nouveau lac, d'une superficie de 350 000 km², se forme, marqué par un cordon sableux s'étendant, dans le sud, de Bongor à Koro-Toro à la cote 320 m. Le Chari a un deuxième delta qui couvre 20 000 km² à l'est de Fort-Lamy. Les argiles (*argiles récentes à subactuelles*), déposées lors de cette transgression, contiennent d'importantes quantités de montmorillonite et ont évolué vers des vertisols tandis que la série sableuse récente, où s'observe souvent de la hornblende en proportion importante parmi les minéraux lourds et dont le triage et la grossièreté sont divers en fonction de la latitude, a donné naissance dans le sud à des sols ferrugineux tropicaux lessivés à caractères souvent hydromorphes, à des sols bruns subarides au nord du 12^e parallèle.

La période aride qui succède amène un retrait de ce lac et un remaniement éolien des formations sableuses au nord du 13^e parallèle — troisième erg — (système de dunes longitudinales bordant le lac Fitri au sud-ouest ou se superposant à l'ancien système dunaire sur les bordures est et nord du lac Tchad, accolements sableux aux massifs dans l'est). Au début de cette régression a dû se créer la dépression du Bahr el Ghazal.

QUATRIÈME TRANSGRESSION

Le dernier pluvial amène une remontée du niveau du lac à 287 - 290 m. Celui-ci couvre alors 180 000 km². Un cordon sableux modeste le ceinture du nord de Ngouma (Cameroun) à Tourba (Tchad) à cette cote. Le troisième delta du Chari, d'une superficie de 5 000 km², se crée tandis que se dépose *la série alluviale actuelle* qui constitue les bourrelets des cours d'eau, des défluent. Le lac envahit de nouveau, par la dépression du Bahr el Ghazal, les bas-pays et la dépression du Borkou.

Cette série alluviale de texture fine limono-argileuse. . argilo-limoneuse souvent à illite et montmorillonite contient également de la hornblende. Les sols formés sur celle-ci sont souvent peu évolués dans le sud, halomorphes très rapidement vers le nord. Les argiles déposées au cours de cette transgression sont confondues avec celles de la précédente et ont donné naissance à des sols hydromorphes, des vertisols, des sols peu évolués (Borkou).

PÉRIODE ACTUELLE

De cette dernière avancée lacustre à nos jours, le lac a subi des fluctuations de plus faible importance atteignant la cote 284 m vers les années 1870. A l'inverse, il se serait trouvé, en 1925, 2 à 3 m au-dessous de son niveau actuel (282 - 283 m). Il couvre environ 20 000 km². L'erg actuel se situe au nord du 16^e parallèle.

2 - PÉDOGENÈSES AU QUATERNAIRE RÉCENT

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

Ces pédogenèses se sont effectuées pour les sédiments sableux bien drainés en position topographique haute principalement lors de la période pluviale. Il s'agit de pédogenèses assez fortement accusées.

Age ans BP	Transgressions lacustres	Niveau du lac en m	Sédimentation	Remaniements éoliens Limite inférieure	Mouvements tectoniques ou épirogéniques	Surfaces anciennes (sud du Tchad) sur les dépôts continentaux terminaux
	Actuel	282	Dépôts argileux (polder)	erg actuel (16° parallèle)		
1 800 3 200	4° transgression	287-290	Série argileuse sub-actuelle à récente. Série alluviale subactuelle à actuelle (3° delta du Chari). Cordon sableux			
				3° erg (12° parallèle)		
5 400 12 000	3° transgression	320	Série argileuse récente. Série sableuse récente (2° delta du Chari). Cordon sableux			2° surface ferrallitique plusieurs fois rajeunie
				2° erg (12° parallèle)		
20 000 30 000	2° transgression	400-370-350...	Série fluvio-lacustre ancienne			
				1 ^{er} erg (10° parallèle)	Mouvements faibles de subsidence	
50 000?	1 ^{re} transgression	400	Formations anciennes remaniées (1 ^{er} delta du Chari)			
		?	?	?	Mouvements tectoniques	Déformation de la surface cuirassée
					2° tectonique cassante. 2° phase basaltique (Sonet 1963)	Surface cuirassée
	Pliocène Miocène Oligocène Eocène		Continental Terminal		Mouvements tectoniques	1 ^{re} surface ferrallitique
					1 ^{re} tectonique cassante. 1 ^{re} phase basaltique (Sonet 1963)	Surface bauxitique de Koro

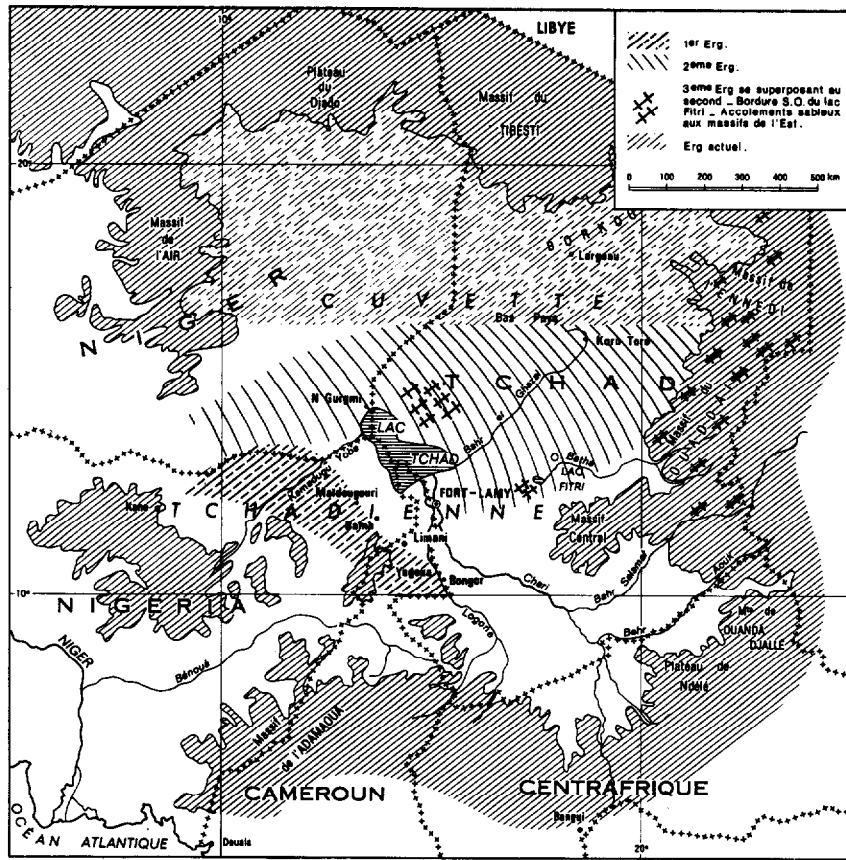


Fig. 1. — Les ergs successifs.

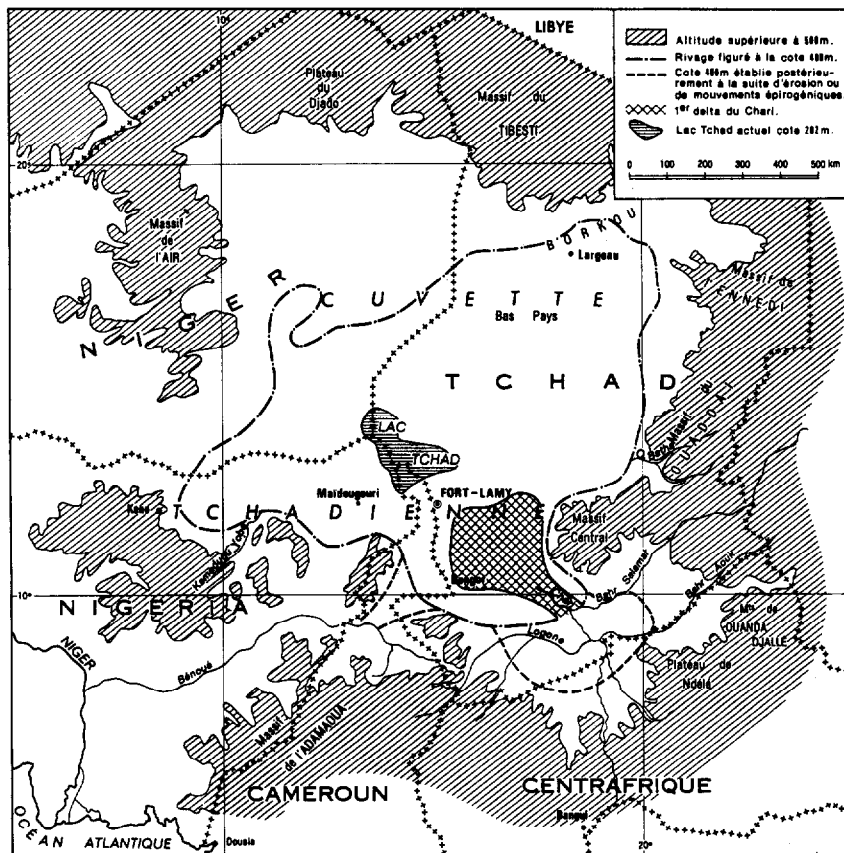


Fig. 2. — 1^{re} et 2^e transgressions.

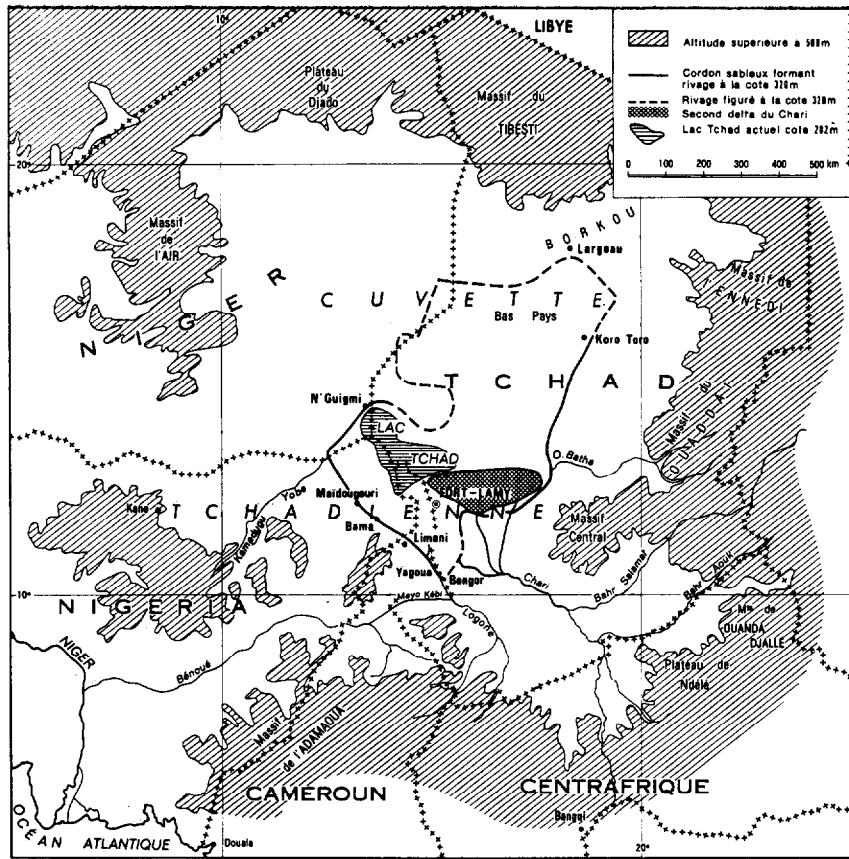


Fig. 3. — 3^e transgression.

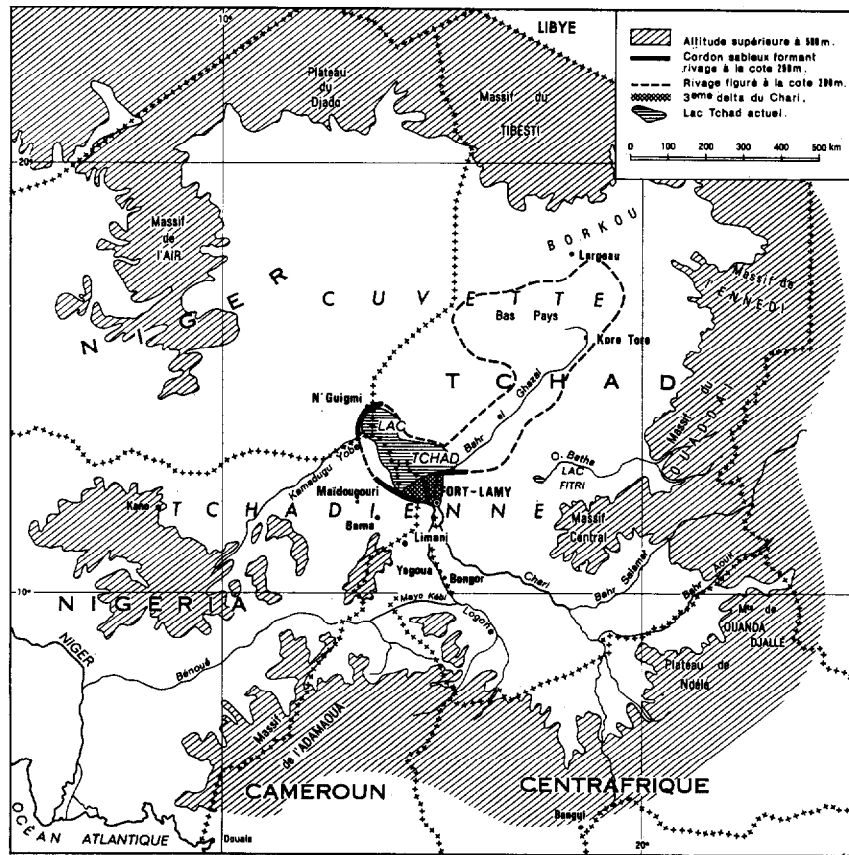


Fig. 4. — 4^e transgression.

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 A TEXTURE FINE, POSITION TOPOGRAPHIQUEMENT BASSE (ancien fond lacustre ou marécageux).

- 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.

- 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 phases d'érosion, notamment lors du passage aride-pluvial, et au 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 pu donner les sols suivants :

Formations anciennes remaniées

- sud du 13^e parallèle

- sol ferrugineux tropical peu ou non lessivé en argile, à légère accumulation diffuse du fer sur 2 à 3 m donnant une légère rubéfaction (premier delta du Chari),

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

PEDOGENESE DES FORMATIONS SEDIMENTAIRES
RECENTES

	Chronologie Age BP	Formations anciennes remaniées		Série sableuse récente		Série alluviale subactuelle à actuelle		Série fluvio-lacustre ancienne		Série argileuse lacustre récente à subactuelle	
		S 1er delta	N Bordure Lac Tchad	S Bassin du Moyen Logone	N 2è delta	S	N 3è delta	Bassin du Moyen Logone	Bordure massif Ouaddai massif central tchadien	3è delta	Borkou
HOLOCENE	Actuel		+++++		+++++		+++++		+++++		+++++
	1800 ans 4è transgression P ₄ 3200 ans		+++++		+++++		x.....		+++++		x.....
	A ₃ 5400 ans		+++++		+++++		x.....		+++++		x.....
	3è transgression P _{3'} P ₃ 12000 ans	Sol ferrugineux tropical peu lessivé	Sol ferrugineux tropical peu lessivé avec steppisation finale (sol brun-rouge subaride)	Sol ferrugineux tropical lessivé à caractères hydromorphes	x.....	Sol brun subaride	Sol peu évolué ou hydromorphe	Sols halomorphes à alcalis	Vertisol	Sol halomorphe (solonetz-solonetz solodisé)	Vertisol et sol hydromorphe
PLEISTOCENE SUPERIEUR	A _{2'} A ₂ 21350 ans		+++++		+++++				+++++		
	2è transgression P ₂ 30000 ans		+++++		+++++				+++++		
	A ₁ 40000 ? ans		+++++		+++++				+++++		
	1ère transgression P ₁ 50000 ? ans	x.....	x.....		x.....				x.....		x.....

- x Période de dépôt du sédiment
- Sédiments immergés
- Pédogenèse accusée
- ~~~~ Formation d'erg

- +++++ Pédogenèse peu accusée
- ///// Phase érosive - surface rajeunie et pédogenèse très peu accusée
- P Pluvial
- A Aride ou interpluvial

- nord du 13^e parallèle deux pédogenèses se superposent :

— la ferruginisation qui est ancienne et a donné des sols du même type que ceux du premier delta,
— une steppisation actuelle ou subactuelle.

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

Série sableuse récente

- sud (Bassin du Moyen-Logone)

— sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions, mais souvent à hydromorphie de profondeur.

- nord (deuxième delta du Chari - Vallées de l'est du Tchad)

— sol brun subaride.

Série fluviale subactuelle à actuelle exondée tout récemment

- sud, sol peu évolué ou hydromorphe,
- 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 série fluvio-lacustre ancienne vont présenter une très abondante nodulation calcaire (Bassin du Moyen-Logone). Cette nodulation, si elle se retrouve aussi dans des argiles plus récentes, ne deviendra importante qu'à des latitudes plus septentrionales (troisième 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 solonetz 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 dans cette région que dans les fonds à nappe peu profonde (palmeraie) où se développent des sols hydromorphes et halomorphes.