

# Caractérisation de paléosols de la cuvette tchadienne

par D. DELAUNE et J. PIAS

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer,  
80, route d'Aulnay, 93 - Bondy (France)

## RÉSUMÉ.

La majeure partie de la cuvette tchadienne est occupée par des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires qui ont subi au cours de périodes relativement récentes, en relation avec l'alternance de périodes pluviales et arides, des pédogenèses plus ou moins accusées.

Les sols les plus anciens (sols ferrallitiques) sont caractérisés par la présence de gibbsite dominante, les moins anciens par de la goéthite et de l'hématite, liées à une fraction argileuse kaolinique. Dans ces sols, les minéraux lourds sont à dominance de zircon-tourmaline-rutile. Le premier élément est dominant dans les sols les plus âgés tandis que dans les plus récents la variabilité est plus grande, ils peuvent présenter du disthène, de la staurotide...

Les sédiments quaternaires récents sont marqués

L'étude pédologique de la cuvette tchadienne nous a amenés à distinguer des dépôts d'âge très varié, tertiaire (formations du Continental terminal) et quaternaire. Pour cette dernière période, nos connaissances portent sur les dépôts les plus récents mis en place dans les lacs Tchad successifs dont les étendues n'avaient rien de comparable à celle du lac actuel, plus modeste, et reflètent des conditions pluviales particulièrement fortes. Ces périodes pluviales ont été entrecoupées de phases arides importantes qui ont laissé leurs traces sous forme d'ergs fossiles jusqu'à des latitudes très méridionales.

Le tableau 1 schématise les différentes transgressions lacustres qui ont conduit à la mise en place de plusieurs formations ou séries sédimentaires lacustres, fluvio-lacustres ou fluviales. Les sédiments ainsi déposés ont évolué ultérieurement vers les sols que nous observons de nos jours.

Les pédogenèses se sont effectuées pour les *sédiments bien drainés* (sables, sables argileux) et exondés, principalement pendant les périodes pluviales. Il s'agit, en général, de pédogenèses relativement lentes mais qui n'en ont pas moins été accusées par suite de la durée et de la cumulation des pluviaux. Elles ont abouti à donner, en fonction de la latitude, du Sud vers le Nord : des sols ferrallitiques, des sols ferrugineux tropicaux lessivés, des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, des sols bruns subarides.

En cours d'aride, ces mêmes sédiments ont subi

par des quantités importantes de montmorillonite s'ajoutant à de la kaolinite, de l'illite et, parmi les minéraux lourds, de hornblende (sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, sols bruns, brun-rouges subarides, sols hydromorphes, vertisols, sols halomorphes).

Les observations morphoscopiques effectuées sur les sables des différentes séries sédimentaires indiquent des alternances pluvial-aride au cours du Quaternaire récent.

Les sols formés sur les sédiments déposés très tardivement présentent une évolution peu accusée qui a donné naissance à des sols peu évolués, des sols hydromorphes ou halomorphes. La pédogenèse de tels sols requiert des temps relativement courts pour marquer de son empreinte ces sédiments récents.

des évolutions moindres, des phénomènes d'érosion superficielle ou d'importants remaniements éoliens.

*Les sédiments mal drainants et submergés* lors des périodes pluviales (argiles sableuses, argiles) ont subi principalement leur pédogenèse lors des périodes arides après le retrait des lacs ou lors de l'inter-phase pluvial-aride. Ces pédogenèses ont conduit à la formation de sols hydromorphes, de vertisols, de sols halomorphes.

Dans ces deux cas, les sols que nous observons sont la cumulation de plusieurs pédogenèses effectuées lors des pluviaux successifs ou des différentes périodes arides ou inter-pluvial-aride. Ces cumulations ont pu s'effectuer dans un même sens, comme il semble que ce soit le cas le plus souvent (sols ferrallitiques, sols ferrugineux tropicaux, vertisols...), ou parfois jouer dans un sens différent comme dans le cas de sols brun-rouges subarides, où à une pédogenèse de pluvial ayant donné des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, succéda une pédogenèse moins accusée amenant une steppisation finale se superposant au premier processus.

Nous avons cherché dans cette note à déceler les différentes tendances évolutives des sédiments par l'examen sédimentologique, la nature de la fraction colloïdale, la composition en minéraux lourds... ceci tout en tenant compte du passé antérieur des sédiments.

Age (1) ans BP	Transgressions lacustres	Niveau du lac en m.	Sédimentation	Remaniements éoliens Limites inférieures	Mouvements tectoniques ou épirogéniques	Surfaces anciennes (sud du Tchad) sur les dépôts continentaux terminaux
	actuel	282	Dépôts argileux (polder)	erg actuel (16 <sup>e</sup> parallèle)	Mouvements faibles de subsidence	2 <sup>e</sup> surface ferrallitique plusieurs fois rajeunie
1800 3200	4 <sup>e</sup> transgression	287-290	Série argileuse subactuelle à récente. Série alluviale sub- actuelle à actuelle (3 <sup>e</sup> delta du Chari) Cordon sableux			
5400 12 000	3 <sup>e</sup> transgression	320	Série argileuse récente. Série sableuse récente (2 <sup>e</sup> delta du Chari) Cordon sableux	3 <sup>e</sup> me Erg (12 <sup>e</sup> parallèle)		
				2 <sup>e</sup> me Erg (12 <sup>e</sup> parallèle)		
20 000 30 000	2 <sup>e</sup> transgression	400-370-350.....	Série fluvio-lacustre ancienne	1 <sup>er</sup> Erg (10 <sup>e</sup> parallèle)		
50 000?	1 <sup>ère</sup> transgression	400	Formations anciennes remaniées (1 <sup>er</sup> delta du Chari)		Mouvements tectoniques	Déformation de la surface cuirassée
		?	?	?		Surface cuirassée
TERTIAIRE	Pliocène				2 <sup>e</sup> tectonique cassante 2 <sup>e</sup> phase basaltique (Sonet 1963)	1 <sup>ère</sup> Surface ferrallitique
	Miocène		Continental terminal		Mouvements tectoniques	Surface bauxitique de Koro
	Oligocène					
	Eocène				1 <sup>ère</sup> tectonique cassante 1 <sup>ère</sup> phase basaltique (Sonet 1963)	

(1) FAURE (1966) - SCHNEIDER (1967) - SERVANT (1967)

TABLEAU 1

## 1. LE CONTINENTAL TERMINAL

Observé dans le Sud du territoire et par taches résiduelles plus au Nord, il a donné naissance à différentes surfaces qui sont par ordre d'ancienneté :

- la surface bauxitique de Koro ;
- la première surface ferrallitique ;
- la surface cuirassée générale ;
- la deuxième surface ferrallitique.

1.1. SURFACE BAUXITIQUE DE KORO. Caractérisée par une prédominance de gibbsite (85 %) associée à de la kaolinite (5 %), des hydroxydes de fer (3 %) et de titane (3 %), du quartz (2 %), elle s'est constituée au détriment d'argilite. Très démantelée, elle ne s'observe plus qu'en de très rares points dont un reconnu avec certitude.

1.2. PREMIÈRE SURFACE FERRALLITIQUE. Elle ne subsiste de même qu'en très peu d'endroits. Ces taches résiduelles généralement accolées à des inselbergs granitiques se situent entre les 9<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> parallèles de latitude Nord (Zan, Bon, Abgé, Mangalmé...). Epais de 8 à 10 m, ces sols rouges sableux à sablo-argileux ont une fraction colloïdale composée essentiellement de kaolinite (70 à 80 %) accompagnée d'illite (5 à 10 %), d'hématite et goéthite (10 à 12 %). Les courbes de sommation des sables présentent des faciès divers à tendance logarithmique, mi-parabolique, mi-hyper-

bolique ou plurimodale. Les courbes de fréquence sont généralement très étalées sur l'axe des abscisses et présentent plusieurs maximums.

L'indice d'usure est voisin de 0,2, exceptionnellement de 0,5 pour l'échantillon de surface le plus septentrional. Parmi les minéraux lourds domine le zircon (70 à 90 %).

Cette surface ferrallitique peut ou non présenter, en profondeur, un horizon cuirassé.

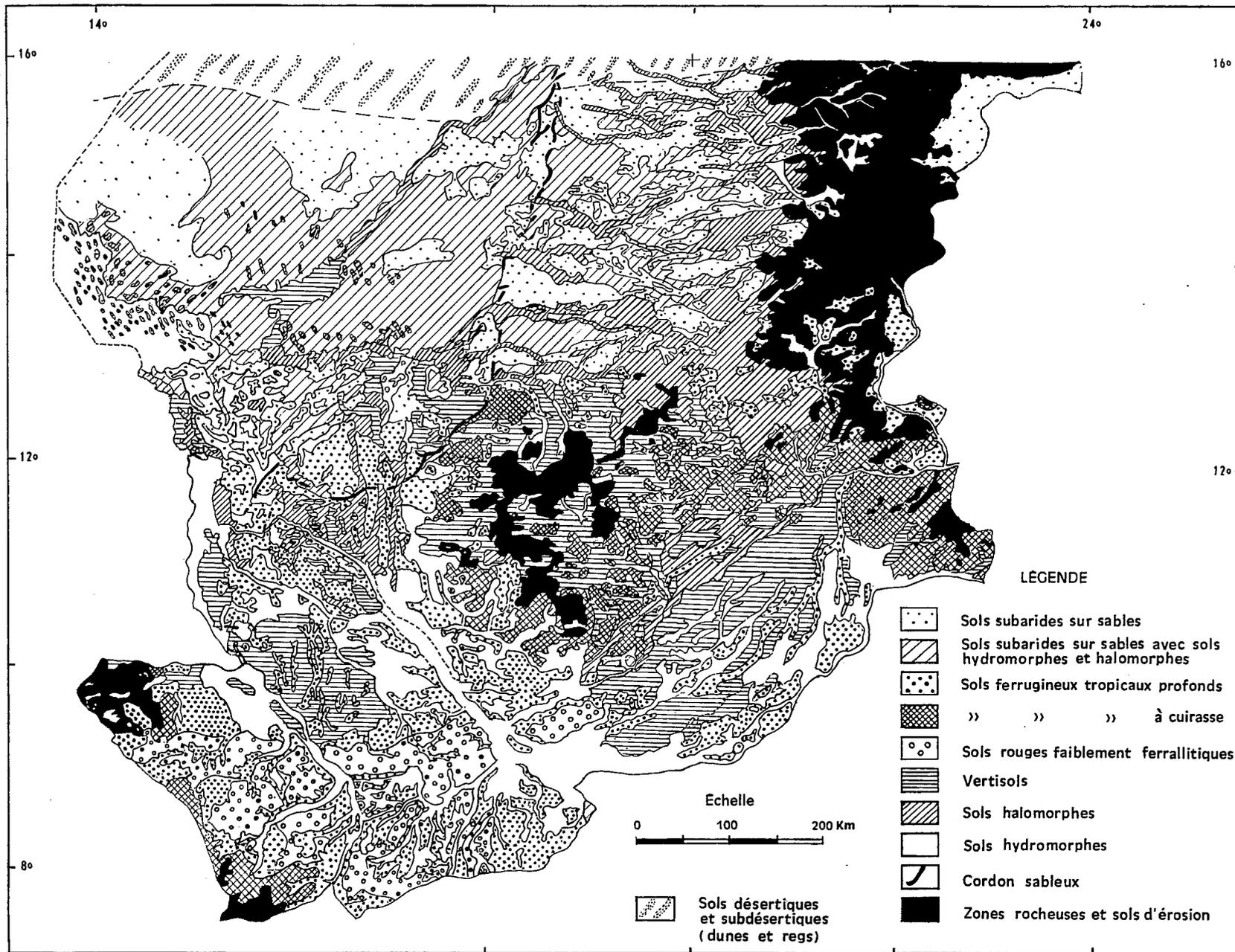
1.3. LA SURFACE CUIRASSÉE GÉNÉRALE, très abondamment représentée autour du Massif central tchadien, est constituée le plus souvent d'une cuirasse vacuolaire, épaisse de 2 à 5-6 m, qui se superpose à des matériaux épigénisés, généralement moins riches en fer. Ces cuirasses contiennent de 30 à 40 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> où la goéthite est souvent dominante, associée à de l'hématite. Les hydroxydes d'alumine sont plus rarement trouvés (gibbsite à 10 %).

La fraction argileuse est représentée par de la kaolinite (30 à 40 %), la partie restante par des quartz.

Cette surface cuirassée paraît s'être formée au détriment de la première surface ferrallitique (1) et

(1) Et sans doute aussi de la surface bauxitique de Koro.

# ESQUISSE PÉDOLOGIQUE DU TCHAD



représenterait les produits d'érosion les plus grossiers de cette dernière épanchés lors de son démantèlement et consolidés par la suite.

1.4. LA DEUXIÈME SURFACE FERRALLITIQUE est celle que l'on observe au Tchad au Sud du 9° parallèle. Les sols ont sensiblement la même épaisseur, la même coloration (10 R 3/6-4/6-4/8) que ceux de la première surface. Formés souvent aux dépens d'argilite ou de grès, ils sont en général sableux à sablo-argileux en surface, argilo-sableux à partir de 60-80 cm. La fraction colloïdale est constituée de kaolinite et d'hydroxydes de fer (hématite, goëthite 10 à 12 %). Les faciès des courbes de sommation et de fréquence, la morphoscopie, la grossièreté des sables sont identiques ou voisins de ceux de la première surface.

Parmi les minéraux lourds si l'association zircon-tourmaline-rutile domine souvent, le disthène est assez abondant dans la partie sud (30 à 40 %). Nous le trouvons également dans les grès, les argilites de cette même région qui servent de roche-mère. La staurotide est également le minéral assez marquant des échantillons de certaines régions (Nord de Fort-Archambault, Sud de Kélo).

Cette deuxième surface ferrallitique paraît avoir été rajeunie plusieurs fois lors des pluviaux du Quaternaire récent si l'on admet avec AUBERT et LENEUF (1960) la très longue durée de la pédogenèse dans ces sols qui atteignent fréquemment 8 à 10 m et plus d'épaisseur. Cette pédogenèse, de type ferrallitique, semble, par ailleurs, actuellement stoppée sous l'actuel climat dont la pluviométrie la plus septentrionale ne dépasse pas 1 300 mm. Ils sont aujourd'hui en voie de démantèlement et les produits d'érosion donnent naissance à des sols ferrugineux tropicaux.

## 2. LES FORMATIONS ANCIENNES REMANIÉES.

2.1. Elles se présentent dans LA PARTIE SUD du territoire, sous deux aspects :

2.1.1. *Au Sud du 10° parallèle*, le remaniement des sols rouges s'est fait généralement sur pentes par lessivage oblique de l'argile et du fer, par des phénomènes locaux de colluvionnement, par l'entaille des formations sous-jacentes ou par faibles transports..., et donnent des formations de couleur claire et plus sableuses. Les caractéristiques de ces sédiments remaniés sont identiques à celles des sols rouges, que ce soit par la morphoscopie, le faciès des courbes cumulatives et de fréquence des sables, les minéraux lourds, la fraction argileuse.

2.1.2. *Entre les 10° et 13° parallèles*, le remaniement s'est effectué après érosion par transport des matériaux du Continental terminal et des sols préexistants qui sont allés se redéposer, après leur ablation, plus en aval dans le bassin du Logone et Chari. Il s'agit de formations fluviatiles déposées en milieu lacustre. Elles constituent les premiers dépôts deltaïques d'un Chari dont l'embouchure, sur le lac Tchad de la cote 400 m, se situait au Nord de Fort-Archambault. Ces sédiments ont subi un remaniement éolien lors d'une phase aride postérieure.

Ces formations moyennement grossières (0,140 à 0,310 mm), diversement triées (hétérométrie 0,45 à 0,81) à quartz dominants et rares feldspaths, sont de coloration jaune-rougeâtre (5 YR 6/6) sur 2 à 3 m puis beige clair (10 YR 7/2-7/3), sauf s'il y a eu action de nappe ancienne ou actuelle.

On note alors d'abondantes taches rouillées d'hydro-morphie. Les quartz subanguleux dominent, les quartz éolisés sont peu abondants (inférieurs à 10 %) bien qu'une éolisation soit visible sur le terrain sous forme de dunes orientées Nord-Sud mais souvent arasées. Les minéraux lourds (0,5 %) sont : staurotide, disthène, zoïsite, sillimanite, épidote verte, tandis que zircon, tourmaline, rutile apparaissent moins abondants que dans les sols rouges. La fraction argileuse est à kaolinite dominante sur les bordures sud, tandis que dans le delta lui-même il y a codominance de montmorillonite (40 à 45 %) et de kaolinite (40 %), et un peu d'illite (5 à 10 %).

Les formations anciennes remaniées ont donné naissance à des sols ferrugineux tropicaux lessivés dans le Sud, à des sols identiques peu ou non lessivés plus au Nord. C'est la cumulation des pédogenèses au cours des pluviaux du Quaternaire récent, après l'exondation des sédiments, qui a abouti au façonnement des sols que nous observons aujourd'hui en ces régions.

2.2. Dans LA PARTIE NORD DU TCHAD (ENTRE 13° ET 16° PARALLÈLES), les formations anciennes sont aussi moyennement grossières à quartz dominants et rares feldspaths. Leur coloration est brun en surface (10 YR 5/3-7/4), brun-rouge (5 YR 6/8) ou jaune-ocre (7,5 YR 7/8) ensuite, beige ou blanc vers 2 à 3 m. Il y a une dominance de quartz subanguleux et éolisés, les seconds augmentant rapidement du Sud vers le Nord au détriment des premiers. Une forte fraction des éolisés a été reprise par l'eau. L'éolisation est visible par d'importants alignements dunaires NW-SE au voisinage du lac, de même direction ou Nord-Sud mais de moindre amplitude vers l'Est. Sur la bordure du lac Tchad, les courbes cumulatives et de fréquence des sables sont toutes très fortement redressées et de caractère éolien, de faciès variable dans l'Est et de type fluviatile ou éolo-fluviatile. Les minéraux lourds sont à dominance de zircon principalement, de tourmaline. La fraction argileuse est ici un mélange de kaolinite et de montmorillonite, avec de l'illite en moindre quantité.

Cette série tire son origine de vieilles formations sédimentaires du Nord et de l'Est (grès, arkoses, argilites...), Paléozoïque, Continental terminal..., dont certaines très éolisées primitivement. Mise en place en milieu lacustre, elle a subi, après son exondation, une seconde phase d'éolisation pour donner les alignements dunaires décrits ci-dessus, alignements qui se poursuivent au Sud du 13° parallèle. Cette série a subi ensuite une nouvelle submersion, puis de nouvelles actions éoliennes, ceci plus récemment.

Deux pédogenèses successives (ferruginisation et steppisation) ont conduit à la formation de sols brun-rouge subarides.

### 3. SÉRIE FLUVIO-LACUSTRE ANCIENNE.

3.1. LA SÉRIE FLUVIO-LACUSTRE ARGILO-SABLEUSE A NODULES CALCAIRES a une localisation très étendue (bassins du Logone et Chari, des bahrs Salamat, Aouk et Keïta, pourtour du Massif central tchadien). Il s'agit d'une formation de texture argilo-sableuse, à cailloutis superficiel et abondants nodules calcaires, à coloration brun, brun-olive en surface (2,5 Y 4/2-5/4), brun jaunâtre en profondeur (2,5 Y 7/4). La fraction sableuse grossière, très mal triée, présente des courbes de fréquence à plusieurs sommets. Elle est à dominance quartzeuse, mais à feldspaths abondants dans certains cas. Les quartz sont surtout des subanguleux avec peu d'éolisés. La fraction argileuse déposée par décantation est variable; kaolinite dans le bassin du Moyen-Logone, mixte (kaolinite, montmorillonite avec illite) ailleurs. Parmi les minéraux lourds, zircon, tourmaline, rutile dominant, sauf au voisinage des massifs où la hornblende fait son apparition. Cette série résulte d'un dépôt de matériau grossier en provenance des séries sédimentaires anciennes et des massifs après un transport brutal dans des cuvettes inondées temporairement ou en permanence.

Elle a donné naissance à la suite de plusieurs pédogénèses effectuées dans les inter-périodes pluvial-aride ou des périodes arides à des vertisols à abondants nodules calcaires.

3.2. LA SÉRIE FLUVIO-LACUSTRE ARGILO-SABLEUSE A CAILLOUTIS DES « REGS », localisée sur la bordure ouest du Massif du Ouaddaï et par taches autour du Massif central tchadien a des caractéristiques identiques à la série précédente, mais présente plus rarement des phénomènes de carbonatation (amas ou nodules calcaires moins fréquents). Elle a une coloration gris à brun clair (10 YR 4/2-6/1, 6,5 Y 5,5/2-6/2) à taches rouille d'hydromorphie. Parmi les quartz, il y a ici beaucoup plus d'éolisés, ceci étant dû à l'origine ancienne d'une partie de ceux-ci provenant de vieux grès démantelés, préalablement éolisés. La fraction argileuse est surtout de la montmorillonite. Les minéraux lourds contiennent d'importantes quantités de hornblende.

Cette série, qui a une origine identique à la précédente, a donné naissance au cours de mêmes périodes à des sols halomorphes (solonetz, solonetz solodisés).

### 4. LA SÉRIE SABLEUSE RÉCENTE.

4.1. Elle présente différents faciès suivant les régions.

Dans LES BASSINS DU LOGONE ET DU CHARI ET DES BAHRs SALAMAT, KEÏTA, ET AOUK, deux de ceux-ci se distinguent.

4.1.1. Un faciès grossier localisé dans les bassins du Sud. La série, très diversement triée (hétérométrie 0,67 à 0,95) est alors sableuse à quartz dominants, mais avec un pourcentage important de feldspaths et de graviers dans les horizons profonds. La grossièreté du sédiment est élevée (0,22 à 0,56 mm). Celui-ci a une coloration gris, gris-brun en surface (10 YR 5/1-

5,5/2), brun-jaunâtre en profondeur (2,5 YR 6/2-7/4 avec taches rouilles 7,5 YR 6/6).

Les quartz sont surtout subanguleux, avec quelques éolisés. Parmi les minéraux lourds, si le zircon est abondant, on trouve aussi: sillimanite, disthène, épidote verte, hornblende... La fraction argileuse est à base de kaolinite et montmorillonite en condominance tandis que l'illite est en plus faible quantité.

Le faciès grossier de cette série constitue ici les bourrelets déposés le long de multiples cours d'eau qui parcouraient autrefois des étendues marécageuses dans le Sud du Tchad. Ces sédiments proviennent des formations du Continental terminal et des massifs granitiques.

4.1.2. Un faciès fin très bien trié (hétérométrie 0,43 à 0,60), s'observe dans le Nord du bassin du Logone et Chari. Il est à quartz dominants, parfois avec une fraction micacée. Sa coloration est plus uniformément brune (10 YR 4/1 - 4,5/4 - 6/4 - 7,5/3). Les quartz sont subanguleux et éolisés, ces derniers étant très abondants dans la partie la plus septentrionale. Les minéraux lourds sont tantôt à dominance de: épidote verte, staurotide, zoïsite, disthène, sillimanite, hornblende, tantôt il y a codominance de ceux-ci et de zircon, tourmaline, rutile. La fraction argileuse est constituée de kaolinite et montmorillonite en mélange. Il s'agit là de sédiments prélevés aux formations anciennes remaniées:

— à celles du Sud pour la région de confluence Bahr Erguig-Chari (faible éolisation; épidote verte, staurotide...);

— à celles du Nord pour la région Est et NE de Fort-Lamy représentant un second delta du Chari (2) (éolisation forte; épidote verte, staurotide..., zircon, tourmaline). Ces derniers sédiments ont subi une nouvelle éolisation après leur dépôt avant d'être à nouveau immergés. Cette éolisation se manifeste notamment par un système dunaire d'orientation SW-NE qui borde le lac Fitri sur les rives S et SW.

4.2. Dans l'EST DU TCHAD, la série sableuse récente, très diversement triée (hétérométrie 0,45 à 0,70) se présente dans les plaines de piedmont sous un faciès assez grossier (médiane: 0,23 à 0,29 mm) à dominance quartzeuse. Il y a peu de feldspaths. Les quartz sont un mélange d'anguleux, subanguleux et éolisés. Ces derniers tendent à augmenter vers le Nord, quand l'apport en provenance des massifs n'est pas très important. La coloration est brun en surface à brun clair en profondeur sur 1 à 1,50 m. Les minéraux lourds sont différents suivant l'origine du sédiment:

— épidote verte, zircon: grès, formations anciennes remaniées;

— hornblende: massifs.

La fraction argileuse est formée de kaolinite, montmorillonite, illite en mélange. Ces sédiments, d'origine variée, ont été mis en place dans des dépressions par d'importants cours d'eau.

(2) L'ensemble dunaire que l'on perçoit sur les rives du lac Tchad, et plus à l'Est, descendait primitivement jusqu'à la hauteur de Fort-Lamy et fut démantelé lors de la formation du second delta.

Toujours dans l'Est du Tchad, s'observent aussi des *accolements sableux aux massifs granitiques*. Ils ont des caractéristiques voisines et la hornblende est ici très abondante. Ils apparaissent comme des apports éoliens récents contemporains de l'erg du lac Fitri et tirent leur origine des formations sableuses anciennes et des massifs.

Cette série récente a subi au cours du dernier pluvial et pendant la période actuelle :

— dans les régions nord (2<sup>e</sup> delta, Est du Tchad) une pédogenèse steppisante qui a conduit à la formation de sols bruns subarides ;

— dans les régions sud (bassins du Logone, des bahrs Aouk, Keïta, Salamati) une pédogenèse ferruginisante en même temps que se produisaient d'importants phénomènes d'hydromorphie (sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux ou à pseudo gley, sols hydromorphes).

## 5. LA SÉRIE LACUSTRE RÉCENTE.

Au cours du Quaternaire récent, un important lac s'est étendu sur de vastes régions. Il était ceinturé à la cote 310-320 m par un cordon sableux. La période pluviale qui correspond à cette phase de transgression lacustre a laissé des traces en d'autres régions, elles-mêmes transformées en lacs ou étendues marécageuses (lac Iro, dépression des bahrs Salamati, Keïta et Aouk). Tous ces dépôts lacustres constituent ce que nous avons groupé sous le titre de SÉRIE LACUSTRE RÉCENTE.

Dans les bassins des lacs Tchad, Fitri, Iro, ces formations sont de texture argileuse ou argilo-sableuse, de coloration gris-noir, gris-brun foncé sur 1-1,50 m (10 YR 3/1 - 4/1 - 5/2 ; 2,5 Y 4/0 - 4/1 - 4/2), gris-brun clair à marbrures d'hydromorphie en profondeur (10 YR 4/1 - 5/1 - 6/2 - 6/3 ; 2,5 YR 4,5/0 - 6/0 - 5,5/2 - 6/2). La fraction sableuse a été souvent importante. Elle a été déposée soit par décantation, soit en cours de faible transport. Les quartz éolisés y sont parfois abondants comme au Nord de Fort-Lamy ou sur la bordure du lac Fitri. La fraction argileuse a été déposée par décantation et est un mélange de kaolinite et de montmorillonite, avec des traces d'illite. Les minéraux lourds, peu abondants (inférieur à 1%), sont très variés, sans dominance spéciale (zircon, tourmaline, épidote, zoïsite, disthène).

Ces sédiments apparaissent comme d'origine lacustre ou fluviolacustre et alors argilo-sableux pour ceux déposés au voisinage d'anciennes zones deltaïques.

Dans les ouadis au Nord du lac Tchad et dans la dépression du Borkou, la série lacustre récente est superficiellement de texture limono-argileuse, argilo-limoneuse, souvent très argileuse en profondeur et de coloration gris clair ou gris foncé en surface (2,5 Y 3/0 - 4/0 - 5/2), beige ou blanc en-dessous (2,5 Y 6/2 - 8/2). La fraction sableuse est peu importante, à dominance d'éolisés et d'arrondis. La fraction argileuse a été également déposée par décantation ou par de faibles courants (courants lents qui pouvaient constituer l'écoulement des eaux du lac Tchad vers les Bas Pays et la dépression du Borkou). La montmorillonite et la kaolinite sont en mélange dans les ouadis du Nord du lac, tandis que dans la dépression

du Borkou, l'illite est la plus abondante. Les argiles, notamment celles du Borkou, contiennent des quantités importantes de diatomées. Les minéraux lourds sont à dominance de zircon pour les sédiments des ouadis dont la composition rappelle alors celle des dunes. Dans le Borkou nous voyons apparaître de l'augite, manifestation du volcanisme du Tibesti.

Ces sédiments lacustres récents représentent en fait ceux de deux extensions successives du lac Tchad qu'il est difficile de dissocier : une première extension (cote 310-320 m), une seconde plus récente (cote 287-290 m).

Ils ont subi leur pédogenèse après leur exondation, lors du dernier inter-pluvial et pendant la période actuelle. Ils ont donné :

— dans le Sud (bassins des lacs Tchad...) des vertisols à plus ou moins abondants nodules calcaires ;

— dans les ouadis au Nord du lac Tchad et dans la dépression du Borkou des sols minéraux bruts ou peu évolués, des sols hydromorphes et halomorphes.

## 6. LE CORDON SABLEUX SUD.

Le cordon sableux sud, qui date de ce Quaternaire récent, se présente comme un alignement sableux à la cote 310-320 m. Il peut atteindre plusieurs kilomètres de large et s'étire au Tchad de Bongor à Koro-Toro. C'est une formation sableuse diversement triée où les quartz dominent, avec peu ou pas de feldspath. La coloration est variable : gris-brun en surface à jaune rougeâtre dans le Sud, brun clair à brun jaunâtre au Nord. Les quartz subanguleux sont généralement abondants, les éolisés assez faibles jusqu'au 13<sup>e</sup> parallèle, plus nombreux ensuite. Les minéraux lourds et la fraction argileuse sont à dominance de zircon et de kaolinite, pour les sédiments dérivant des vieilles formations sableuses ; à dominance de minéraux lourds divers et mélange de montmorillonite et kaolinite pour les apports les plus récents.

Cette formation sableuse côtière marque l'extension d'un lac Tchad très étendu ; ce cordon a été recouvert localement par les apports de cours d'eau qui eurent à le franchir lors d'un nouveau pluvial.

Suivant l'âge de dépôt des sédiments et la latitude, s'observent des sols divers (sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, sols bruns ou brun rouge subarides, sols peu évolués).

## 7. LA SÉRIE FLUVIATILE SUBACTUELLE ET ACTUELLE.

Elle constitue les bourrelets des cours d'eau actuels (Logone, Chari, Batha, Enné...) ou de défluent récents (Bahr Erguig, défluent nord de Fort-Lamy, Batha de Laïri...). De texture variable, les éléments fins prédominent (sables fins, limons, argile). Elle est de couleur brune (10 YR 4/2 - 6/2), souvent à nombreuses marbrures d'hydromorphie.

Le faciès sableux observé par taches mais assez rares, sauf au Nord de Fort-Lamy, est constitué de quartz éolisés abondants (indice d'usure en surface : 0,340 - 0,408 ; 20 à 40 % d'éolisés). Les sédiments sont très bien triés (hétérométrie : 0,27 à 0,38).

Le faciès argilo-limoneux ou limono-argileux est plus fréquent : ses sables sont généralement peu éolisés à dominance de subanguleux. La fraction argileuse déposée soit en cours de transport, soit par décantation est constituée d'un mélange montmorillonite et kaolinite, avec un peu d'illite ou seulement par de la kaolinite dans le bassin du moyen Logone. Les minéraux lourds, assez variés, ne montrent pas toujours la jeunesse des sédiments (zircon, tourmaline, rutile, staurotide, épidote verte, zoïsite), sauf au voisinage des massifs où la hornblende devient abondante.

Ces formations tirent leur origine :

- de la série sableuse récente au Nord de Fort-Lamy ;
- des formations anciennes remaniées et de la série sableuse récente (bassin du moyen Logone, Est tchadien) ;
- des massifs granitiques (Centre et Est tchadien).

Derniers sédiments déposés, ils n'ont donc subi que la pédogenèse de l'actuelle période qui se traduit très fréquemment par l'apparition de sols halomorphes à structure dégradée, lessivés (solonetz, solonetz solodisés) ou non lessivés. On trouve aussi des sols hydromorphes ou peu évolués.

## 8. LES FORMATIONS LACUSTRES ACTUELLES.

Elles se localisent dans les trois principaux lacs : lacs Tchad, Fitri et Iro. Elles ont été étudiées principalement dans les polders du lac Tchad.

Les sédiments sont de couleur gris-noir, brun-noir en surface (10 YR 2/1), gris clair en profondeur (10 YR 5/1 - 6/1), puis bleutés ou noirâtres dans des niveaux très réduits ou à accumulation sulfureuse. Ils sont argilo-limoneux superficiellement, très argileux et feuilletés en profondeur. Cette distribution rappelle celle des ouadis de Mao, mais surtout celle de la dépression du Borkou. La fraction sableuse, faible, contient une forte proportion d'arrondis et d'éolisés provenant d'apports éoliens des dunes voisines ou de transports sous de faibles courants. La fraction argileuse a été déposée par décantation ou par des courants ; c'est un mélange de montmorillonite et de kaolinite. Les minéraux lourds, peu abondants, inférieurs à 0,5 % sont à dominance de zircon, de tourmaline, d'épidote verte. On note l'apparition de carbonate de calcium tendant à donner des encroûtements, et de phénomènes de salure par action de nappe peu profonde dès l'exondation du sédiment, dans le cas présent par création de polders.

La partie supérieure du dépôt, plus limoneuse, semble le résultat de conditions semi-désertiques actuelles, tandis que les dépôts argileux profonds correspondraient à ceux d'un dernier pluvial ayant conduit à une transgression lacustre (lac à la cote 287-290 m).

Ces sédiments, après leur exondation artificielle, évoluent vers des sols hydromorphes moyennement organiques, humiques à gley, des sols halomorphes à structure non dégradée (sols salins).

## 9. LE CORDON SABLEUX NORD.

Ceinturant le lac Tchad à la cote 287-290 m, il se trouve actuellement légèrement dans l'intérieur des terres. Les caractéristiques des sédiments qui le constituent sont identiques à celles de la série récente au Nord de Fort-Lamy. Il s'agit là d'une formation côtière d'un lac plus récent que le précédent et moins étendu. Les sédiments de ce cordon ont évolué vers des sols bruns subarides.

Les analyses sédimentologiques, alliées à la géomorphologie, aident à comprendre le passé géologique récent de la cuvette tchadienne, fait d'alternances de pluviaux et de périodes arides qui ont amené le dépôt de sédiments fluviaux ou lacustres et le remaniement éolien des premiers lors des phases sèches. Elles permettent ainsi de reconstituer dans leurs grandes lignes les conditions de mise en dépôt des sédiments et leurs remaniements postérieurs, les climats successifs qui ont conduit aux pédogenèses reflétant les sols que nous observons. Ceux-ci sont d'autant plus évolués que les sédiments mis en place apparaissent anciens.

La nature de la fraction minéraux lourds révèle cette ancienneté en même temps que l'origine des matériaux :

- zircon dominant dans la première surface ferrallitique ;
- zircon, tourmaline, staurotide, disthène... dans la seconde surface ferrallitique plusieurs fois rajeunie ;
- apparition de hornblende dans les séries sédimentaires plus récentes lorsque le sédiment vient des massifs, en même temps que les pédogenèses sont moins fortement accusées (sols ferrugineux tropicaux, vertisols, sols hydromorphes, sols halomorphes) ;
- augite, manifestant les activités volcaniques du Tibesti (sols peu évolués, sols halomorphes).

L'étude de la fraction colloïdale apporte des renseignements sur la part de l'héritage et sur celle des phénomènes de néoformation et de la pédogenèse :

- gibbsite dans la surface bauxitique de Koro (pédogenèse) ;
- kaolinite très largement dominante avec hydroxydes de fer et peu d'alumine dans les première et deuxième surfaces ferrallitiques et la surface cuirassée générale (héritage et pédogenèse) ;
- kaolinite, montmorillonite dans les sols formés sur sédiments déposés en milieu lacustre ou fluvio-lacustre (formations anciennes remaniées, premier delta du Chari, série sableuse récente, deuxième delta du Chari, série fluvio-lacustre ancienne, série lacustre récente...). La montmorillonite doit être ici attribuée à des néoformations effectuées en milieu lacustre pendant et après la période de dépôt, alors que l'apport du passé plus ancien se traduit par de la kaolinite provenant du Continental terminal ou des vieux sols ferrallitiques, de l'illite venant des massifs et ceci quel que soit le type de sol que l'on observe (sols ferrugineux tropicaux, sols bruns ou brun-rouge subarides, vertisols, sols halomorphes...). Le maintien de la montmorillonite dans ces sols peut s'expliquer

par leur relative jeunesse (moins de 10 000 ans) d'une part, et, d'autre part, dans certains sols par les conditions d'hydromorphie, le milieu confiné, dans lesquels ils continuent à se trouver.

Il semble y avoir souvent prédominance dans les jeunes sols des caractères hérités du milieu dans lequel les sédiments qui leur ont donné naissance se sont déposés et du matériau parental dont ils tirent leur origine.

Dans les vieux sols, des pédogenèses cumulées, très accusées, leur ont souvent fait perdre ces derniers caractères mais leur en ont donné d'autres difficilement réversibles sans des remaniements importants provoquant le transport des matériaux et, par ce fait même, la démolition de la structure morphologique du profil primitif (sols ferrallitiques).

Dans les sols jeunes, ce sont aussi les pédogenèses cumulées du Quaternaire récent qui sont à l'origine de leur formation.

A la cumulation des pédogenèses de périodes pluviales ou arides viennent s'ajouter celles des alternances pluvial-aride. Dans les sols jeunes bien drainés, sableux, sablo-argileux, la pédogenèse de pluvial l'emporte rapidement sur celle de l'aride ou de l'inter-pluvial précédent, beaucoup plus modeste. A l'inverse, une pédogenèse d'inter-pluvial ou d'aride se surimposant passagèrement à celle d'un pluvial se décèle assez facilement (sol brun-rouge subaride). Dans les sols mal drainants, argilo-sableux, argileux occupant des positions topographiques basses, la pédogenèse d'inter-pluvial ou d'aride l'emporte sur celle du pluvial, période pendant laquelle le sol ou le sédiment s'est trouvé souvent immergé.

Nous voyons donc la grande complexité qu'il y a à définir la part de chacune des pédogenèses dans la formation d'un sol lorsque celui-ci a subi des alternances climatiques variées depuis la mise en place du sédiment.

#### RÉFÉRENCES.

- AUBERT G., LENEUF N. (1968). — Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation. *Int. Congr. Soil Sci.*, 7, Madison, vol. 4, pp. 225-228.
- FAURE H. (1966). — Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental. *Mém. Bur. Rech. géol. & min.*, n° 47, 630 p., 12 pl., carte.
- PIAS J. (1968). — Contribution à l'étude des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et des sols qui en dérivent (République du Tchad). *Off. Rech. sci. & techn. outre-mer*, Paris, 425 p. multigr., 2 cartes 1/1 000 000.
- SCHNEIDER J. L. (1967). — Evolution du dernier lacustre et peuplements préhistoriques aux Pays-Bas du Tchad. *Ass. sénég. Et. Quatern. Ouest afr.*, Dakar, n° 14-15, pp. 18-23.
- SERVANT M. (1967). — Nouvelles données stratigraphiques sur le Quaternaire supérieur et récent au Nord-Est du lac Tchad. *VI<sup>e</sup> Congr. panaf. Préh. & Et. Quatern.*, 20 p. multigr. (à paraître).

UNION INTERNATIONALE POUR L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE

VIII<sup>e</sup> CONGRÈS INQUA

PARIS 1969

# Études sur le Quaternaire dans le Monde



Textes réunis par Mireille TERS

30 NOV. 1972

O. R. S. T. O. M.

Collection de Références

no B5785 1/1