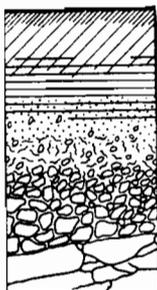


RÉPUBLIQUE DU NIGER
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE RURALE
SERVICE DU GÉNIE RURAL

N° de Convention O.R.S.T.O.M. : 6500-311
Date de parution du rapport : Mars 1967

ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DU BASSIN DU GOROUOL-BELI

RAPPORT GÉNÉRAL



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

DAKAR-HANN



ETUDE DES SOLS DU BASSIN ET DES
ALLUVIONS DU GOROUOL-BELI

GENERALITES

Centre O.R.S.T.O.M. de HANN - Février 1967

N. G A V A U D

IIIA-I. Les Sols Bruns Subarides à Drainage Réduit	38
IIIA-I. Les Sols Bruns Subarides à Drainage Réduit sur sables très pauvres en argile et limon	38
IIIA-2. Les Sols Bruns Subarides à Drainage Réduit Tirsifiés	
IIIA2-I. Séries à Nodules Calcaires	42
IIIA2-2. Séries à léger pseudogley, et leurs Associations ..	46
IIIA-3. Les Sols Bruns Subarides Alcalisés	49
IIIB - Les Sols Brun Rouge.....	61
IIIB-I. Définitions	61
IIIB-2. Les Brun Rouge du Gorouol	62
IIIB-3. Les Brun Rouge Peu Différenciés sur sables quartzeux très pauvres en Argile et Limon	63
B3-1 Séries Rubéfiées	63
B3-2 Séries Rubéfiées légèrement structurées	67
IIIB-4. Les Sols de Transition, Brun Rouge à Ferrugineux, à Faciès Brun Rouge	70
B4-1 Sur Sables quartzeux	70
B4-2 Sur Sables Quartzeux à éléments d'arène granitique....	75
B4-3 Sur Sables argileux	79
43-1 Série de Kolman	79
43-2 Série de Dolbel	83
43-3 Séries Rubéfiées à amas calcaires. Associations des terrasses du Niger	87
IIIB-5. Les Sols de Transition, Brun Rouge à Ferrugineux, à faciès Ferrugineux sur sables quartzeux	92
B5-1 Sur Sables Quartzeux	92
B5-2 Sur matériaux sablo-argileux	106
52-1 Série de Fantio	106
52-2 Série de Komkara	107
B5-3 Sur Sables Quartzeux à éléments d'arène granitique ...	108
IIIB-6. Les Sols de Transition Peu Evolués d'Erosion à Brun Su- barides (Sols Subarides de Glacis). Faciès Rubéfié	113
B6-1 Famille sur colluvions argilo-sableuses	113
B6-2 Famille sur colluvions sablo-argileuses mixtes : sa- bles quartzeux, roches vertes altérées	121
IV. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX	
IV-A. Généralités	125

	<u>PAGES</u>
IVA-1 Définitions	125
IVA-2 Extension	125
IVA-3 Les Sols Ferrugineux du Bassin du Gorouol	125
A4-1 Les Sols Ferrugineux Peu Lessivés à taches sur sables quartzeux	126
A4-2 Les Sols Ferrugineux Peu Lessivés à concrétions sur sables quartzeux à éléments d'arène granitique ..	126
 V. LES VERTISOLS	
VA-1 Définitions	129
VA-2 Extension	129
VA-3 Expression des caractères vertiques, matériaux	130
VA-4 Les Vertisols Hydromorphes	132
A4-1 La Série de Yumbam	132
A4-2 Les Vertisols du Gorouol	137
A4-3 Association à Sols Peu Evolués Bruns	138
 VI. LES SOLS HYDROMORPHES	
VIA-1 Définitions, Classification	140
VIA-2 Les Sols Hydromorphes du Gorouol et du Beli	140
A2-1 Les modes d'engorgement	140
A2-2 Les ensembles de matériaux	141
A2-3 Végétation	145
A2-4 Utilisation	147
A2-5 Etude Morphologique	147
A2-6 Etude Analytique	160
VIA-3 Les Sols à Pseudogley d'ensemble et Gley de profondeur de Teguey	176

I N T R O D U C T I O N

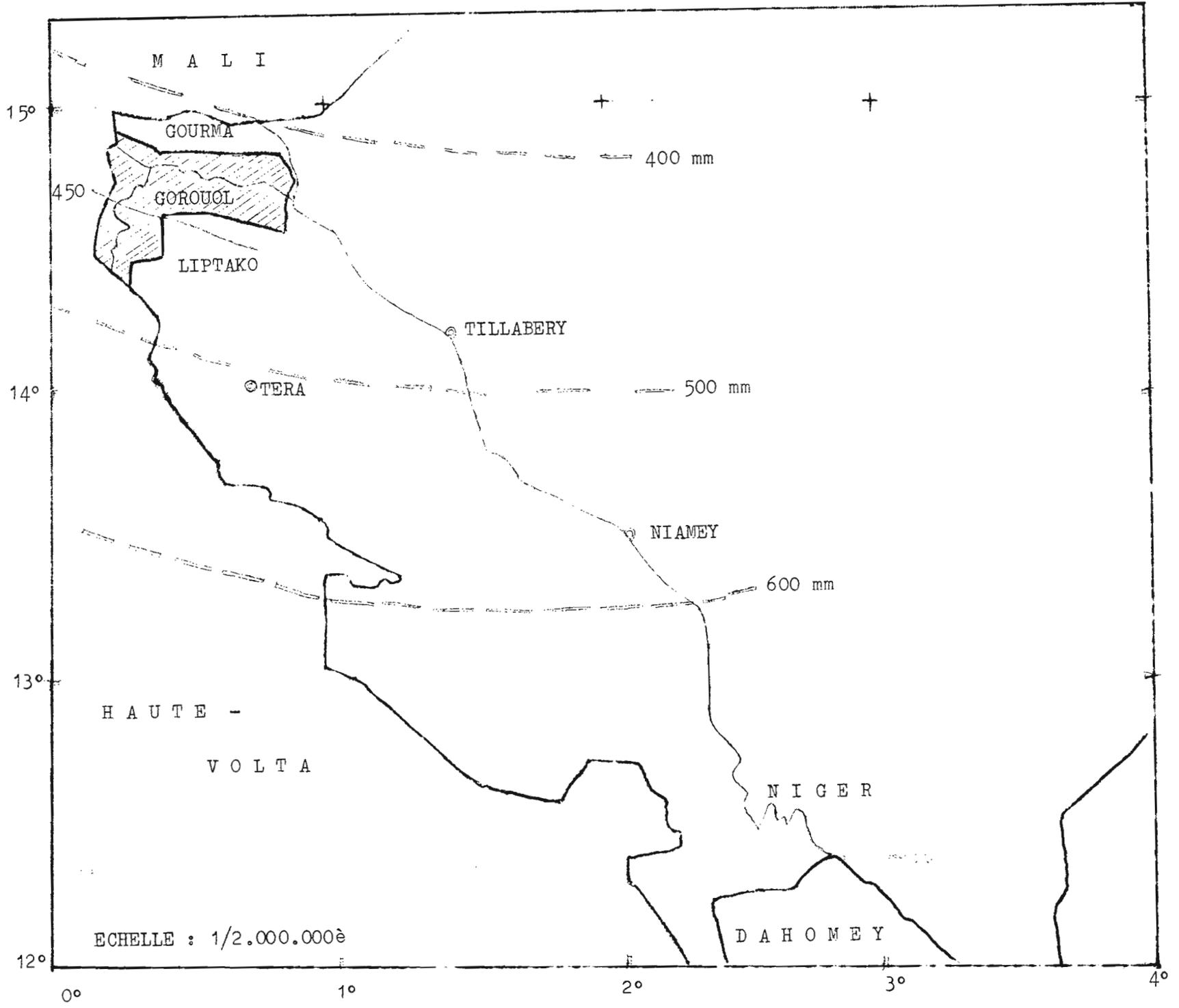
Cette étude a fait l'objet de Convention passée entre le Ministre de l'Economie Rurale de la République du Niger et le Directeur Général de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

Menée pour le compte du Genie Rural elle avait pour objet les propriétés et aptitudes des sols submersibles et des sols de station sèche. Le territoire à cartographier ne fut pas défini initialement par ses limites mais par sa surface, pour que sur le terrain on puisse y inclure la proportion la plus élevée possible de terres utilisables, particulièrement de terres à vocation pastorale, ce qui fut fait.

Les travaux de terrain ont été effectués de Janvier à Mars 1965 par Mr. GAVAUD. Les descriptions de 210 profils ont été retenues, 322 échantillons analysés au Centre de Hann sous la direction de Mademoiselle THOMANN. Deux cartes ont été dressées par Mr. GAVAUD et dessinées par Mr. ALBOUCQ. L'une, au 1/50.000^e, détaille 11.400 ha de terres alluviales, l'autre, au 1/100.000^e, couvre 223.110 ha de terres sèches. Les limites de cette dernière ont été arrêtées à une distance moyenne de 15 km des points d'abreuvement de saison sèche, les lits du Gorouol et du Beli, sur les terrains de parcours acceptables, et aux franges des sols gravillonnaires ou squelettiques à tapis herbacé maigre et fugace. Le dessin a été tracé sur le terrain sur les photographies aériennes au 1/50.000^e de l'I.G.N., puis reporté au bureau sur des fonds topographiques tirés de la carte régulière au 1/200.000^e. La rédaction du rapport a été confiée à Mr. GAVAUD.

Le texte, après un préambule définissant le milieu, suit l'ordre de la légende cartographique. La classification employée est celle des pédologues de l'O. R. S. T. O. M., adaptée aux conditions locales, dont les principes sont détaillés dans les trois rapports annexés à la carte au 1/500.000^e des sols du Niger, et succinctement rappelés ici. Nous nous sommes efforcés de donner de chaque unité cartographique une analyse particulière, aussi détaillée et complète que possible, cette dernière conçue comme une petite monographie décrivant le paysage et les sols, définissant les propriétés et possibilités des terres. Chaque utilisateur pourra ainsi connaître rapidement ce qui concerne chaque petit terroir et retrouver lui-même sur le terrain les sols décrits. Des aperçus synthétiques sont cependant donnés dans les têtes de chapitres correspondant aux grandes unités. Nous avons cependant du traiter simultanément l'ensemble des Sols Hydro-morphes du Gorouol et du Beli, où le plan suivi jusque là nous aurait entraîné à d'interminables redites à cause du nombre, de la parenté des diverses unités, et où par ailleurs tout aménagement intéressera un nombre élevé de catégories cartographiques.

SITUATION DE LA ZONE CARTOGRAPHIEE



S I T U A T I O N G E O G R A P H I Q U E

La carte pédologique au 1/100.000^e du GOROUOL-BELI est limitée au Nord et au Sud par les parallèles 14° 50' et 14° 25', à l'Ouest par la frontière Voltaïque (0° 10' E.), à l'Est par le Niger (0° 53' E.). Elle est contenue dans la circonscription de TERA, canton du GOROUOL. La toponymie utilisée est celle de la carte au 1/200.000^e ND 31 XIII (TERA), complétée de lieux dits autour de la mare de Yumbam.

Au Nord elle est parcourue d'Est en Ouest par une importante limite lithologique, à laquelle se conforment les cours du Beli et du Gorouol, séparant le GOURMA au Nord, ici pays de sols squelettiques, de broussailles, dépeuplé, du LIPTAKO au Sud, aux terres variées, où une population plus dense et sédentaire se concentre le long des vallées, et qui fait l'essentiel de la carte. Il est formé d'un système de dunes anciennes, cloisonnant des glacis argileux dans leurs parties basses, concrétionnés en amont, dominé çà et là d'essaims de buttes tabulaires cuirassées, recoupé par les seules grandes vallées dont les alluvions montrent un colmatage argileux de plus en plus poussé. Ce paysage au couvert végétal Sahélien et aux sols à affinités surtout Subarides subit une première altération climatique vers le Sud, approximativement à la latitude de TERA (14°, isohyète 500 mm), où apparaissent les sols Ferrugineux et la végétation Soudanienne, puis une profonde modification morphologique, à la hauteur du confluent Sirba-Niger (lat. 13° 40' N.), qui voit disparaître les massifs dunaires organisés et s'étendre les surfaces cuirassées ou concrétionnées.

L E C L I M A T

Il n'est que très approximativement connu par interpolation entre les stations de HOMBORI et ANSONGO au Nord, TERA et TILLABERY au Sud, les postes de Dolbel, Yatakala n'ayant fait l'objet que de relevés trop brefs. Il appartient aux variétés septentrionales des climats tropicaux caractérisés par :

- l'alternance d'une longue saison sèche d'hiver et d'une courte saison estivale des pluies.
- des températures moyennes très élevées faisant de la pluviosité le facteur essentiel de variation d'une station à l'autre.
- une très forte siccité saisonnière de l'air.

Les principales données climatiques sont résumées dans les tableaux ci-joints. Elles montrent la succession de quatre périodes :

- la saison des pluies, chaude et humide, de Juin à Septembre, culminant en Août.
- une saison de transition automnale, plus chaude, sans pluies, à hygrométrie encore appréciable, de mi-Septembre à Octobre.
- une saison relativement fraîche et très sèche, hivernale, de Novembre à fin Février.
- une saison très chaude et sèche, printannière, de Mars à début Juin, dont les rigueurs thermiques s'accroissent en Avril-Mai.

La pluviosité du bassin (tableau A.) a été interpolée sur la carte des isohyètes du bassin du Niger établie par le Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. pour la période 1923-1957. Elle le met à la limite Nord (400 mm) du climat Sahélo-Soudanais d'Aubreville, à la limite Nord encore (450 mm) du climat soudanien Nord des climatologues, et le fait appartenir au climat Sahélien des hydrologues. Elle est des plus variables, comme le montre le tableau, établi pour des stations dont la pluviosité encadre celle de la zone cartographiée :

VARIABILITE DE LA PLUVIOSITE

Station Période	TAHOUA 1923-1962	TILLABERY 1926-1949
Pluviosité, mm	385	481
Minimum au cours de la période	210	265
Maximum au " " " "	582	727
Pluviosité de fréquence I./5		
Minimum	320	400
Maximum	480	540
Fréquence des pluies dépassant 470 mm (1)	23 %	50 %
Fréquence des pluies dépassant 360 mm (2)	58 %	90 %

(1), 470 mm : pluviosité au dessous de laquelle il n'y a pas de drainage sur sol sableux au-dessous de 2 m sous culture de mil (BAMBEY).

(2), 360 mm : pluviosité au-dessous de laquelle il n'y a pas de drainage au-dessous de 2 m en sol sableux nu (calcul).

Il est vraisemblable que ces dernières années aient été plus pluvieuses comme dans le reste du Niger :

Tillabery, normale pour 1923-1946	:	484 mm,	normale pour 1947-1960:	534mm
Madaoua , " " "	:	484 mm,	" " "	: 536mm
Tahoua , " " "	:	336 mm,	" " "	: 448mm

Le pouvoir évaporant de l'air, mesuré ou calculé, suit de près les variations du déficit de saturation, avec un minimum d'Août, un maximum en Avril-Mai. Ses valeurs toujours excessives font que l'évaporation des sols naturels sans nappe n'est limitée que par leurs réserves en eau et suit un cycle inverse, parallèle à la pluviosité, avec un maximum d'Août, seul mois où un drainage puisse par ailleurs dépasser les deux mètres. Le calcul exact de ce dernier doit se faire année par année, ce qu'impose la variabilité pluviométrique et la nature des formules (TURK) employées; il est de ce fait pratiquement inaccessible. Nous avons résumé ci-dessous les extrêmes qu'il peut atteindre dans la zone cartographiée, ainsi que ses valeurs calculées sur des moyennes climatiques; ces dernières ne sont pas égales à la moyenne des drainages, mais permettent seulement des comparaisons entre stations.

Lieu de la zone cartographiée	NORD	SUD
Pluviosité maximum	670 mm	710 mm
Drainage maximum		
sol nu	140 mm	165 mm
sol cultivé (mil)	70 mm	90 mm
Pluviosité minimum	240 mm	270 mm
Drainage minimum		
sol nu	0 mm	0 mm
sol cultivé	0 mm	0 mm
Fréquence des années à drainage non nul		
sol nu	7,3/10	8,7/10
sol cultivé	3,7/10	5,4/10
Pluviosité moyenne	420 mm	485 mm
Drainage correspondant (1)		
sol nu	25 mm	40 mm
sol cultivé	0	10 mm
(1) : différent du drainage moyen		

On voit donc que même dans le Sud un sol nu peut encore ne pas drainer au delà de deux mètres plus d'une année sur dix.

Les vents renversent leur direction entre la saison sèche (Octobre-Mars, quart Nord Est) et la saison des pluies et ses marges (Avril-Septembre, quart Sud-Ouest). Ils sont fréquents (calmes : 8-16 % des observations diurnes annuelles), mais faibles. Le nombre d'enregistrements de vitesses susceptibles de déclencher l'érosion éolienne (plus de 5 m/s) est très largement supérieur à celui des vents de sables, ces derniers surtout fréquents en fin de saison sèche. Les journées de brume sèche (chutes de poussières) sont également peu nombreuses. La station la plus proche du bassin (Tillabery) donne des valeurs assez faibles de ces phénomènes, mais les maxima enregistrés ailleurs (Tahoua) restent cependant modérés : 37 jours de brum sèche et 13 jours de vents de sables.

DONNEES CLIMATIQUES ESTIMANT CELLES DU GOROUL-BELI

A. DONNEES GENERALES (1923 - 1957)

LOCALISATION	LATITUDE (N.)	PLUVIOSITE (mm)	TEMPERATURE
HOMBORI (Mali)	15° 20'	434	29,9
ZONE CARTOGRAPHIEE	NORD (KABIA)	420	
	CENTRE (DOLBEL)	455	29,4 (?)
	SUD (TOKA GOUNTOU)	485	
TERA (NIGER)	14° 01'	504	x
TILLABERY (NIGER)	14° 13'	491	29,1

B - PLUVIOSITE

6 -

MOIS		J	F	M	A	M	JN	JT	A	S	O	N	D	ANNEE	PERIODE
HOMBORI	Pluviosité	t.	0.2	0.2	2.1	9.1	37.8	111.9	168.1	68.0	11.5	0.3	0.1	409.3	1920-1954
	Nombre de jours de pluies	0.0	0.0	0.2	0.3	1.9	5.0	7.9	11.6	7.7	1.4	1.2	0.0	36.2	1936-1954
TILLABERY	Pluviosité	0.0	1.0	1.7	2.4	22.1	57.6	133.7	192.1	79.5	9.8	0.3	0.0	500.2	1923-1960
	Nombre de jours de pluies	0.0	0.1	0.1	0.5	2.9	5.8	9.1	11.9	7.0	1.5	0.1	0.0	39.0	1923-1960

C - TEMPERATURES (TILLABERY - 1953-1960)

MOIS		J	F	M	A	M	JN	JT	A	S	O	N	D	MOYENNE	AMPLITUDE
MAXIMA	Absolu	39.6	41.1	43.6	44.8	44.2	43.7	39.4	37.8	39.6	41.2	40.1	39.5	-	-
	Moyen	33.4	36.3	39.2	41.6	40.6	37.9	34.0	31.7	34.1	37.9	37.4	33.4	36.5	8.2
MOYENNE		24.8	27.4	29.9	33.0	33.7	31.7	29.8	27.2	28.7	30.1	28.4	25.0	29.1	8.9
MINIMA	Moyen	16.2	18.5	20.6	24.5	26.8	25.5	23.7	22.7	23.4	22.3	19.3	16.5	21.6	10.6
	Absolu	10.2	12.5	15.0	16.0	18.0	19.0	19.2	19.4	18.0	16.3	12.4	10.2	-	

DIRECTION DES VENTS DIURNES - 1951 - 1953

‰ des observations.

ORIGINE	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMES
‰	6,3	6,9	27,8	5,7	17,3	5,8	18,0	2,2	10,0

VITESSES DES VENTS DIURNES. 1953 - 1960

‰ des observations

VITESSES m/s	0-1	2-4	5-6	7-14	15-21	plus de 21
‰	16	63,7	15,4	4,9	0,02	0

LE CLIMAT ET LES SOLS

A - PLUVIOSITE, MATERIAUX ET GRANDES UNITES DE SOL.

Les processus pédologiques attribuables au climat actuel^{ont} / ténus et en petit nombre parce que l'héritage Quaternaire est suffisamment important dans les sols du Niger, surtout ceux de zone Sahélienne, pour y masquer l'évolution récente. Ils sont de plus mal aisés à définir dans la zone cartographiée, car sa pluviosité est celle de la transition entre le domaine des Sols Subarides, au Nord, et celui des Sols Ferrugineux. Si sur la carte du Niger Ouest au 500.000^e nous avons mis cette frange indéfinie, la remplaçant par une ligne oscillant entre les isohyètes 400 et 450 mm, nous avons dû en tenir compte dans la carte au 100.000^e du Gorouol, où elle est représentée par des 'Faciès', Brun Rouge ou Ferrugineux Peu Lessivés. Dans son ensemble, cette portion du bassin du Gorouol appartient cependant davantage au milieu Subaride.

Dans ces zones sèches c'est la pluviosité qui reste le principal facteur de variation des sols non hydromorphes, en déterminant le drainage et le couvert végétal, mais ses effets varient, quantitativement mais aussi qualitativement, selon les trois grands groupes de matériaux: sables, matériaux à argiles à forte capacité d'échange saturés, matériaux à argiles à basse capacité d'échange désaturés.

Sables

La pluviosité baissant, on passe des Ferrugineux Peu Lessivés aux Brun Rouge par :

- réduction des taux de matière organique et abaissement du C/N, parallèles à la régression du couvert végétal. Cet effet n'est pas sensible à l'échelle de la carte au 100.000, sauf pour quelques sous familles (cf. IIIB 53-4).

- réduction du lessivage des horizons superficiels (A1 et A2) se traduisant par une diminution de la décoloration superficielle, une réduction d'épaisseur :

Sols du Gorouol classés comme :	Brun Rouge	Ferrugineux Peu Lessivés
Epaisseur de A1 + A2 (minimum, médiane, maximum)	17 - 25 - 36	30 - 40 - 50

- réduction du lessivage des horizons superficiels (A1 et A2) se traduisant par une élévation des pH et des coefficients de saturation, effet le plus sensible et le plus fidèle, variant quantitativement selon les sous familles (cf. IIIB 51-7).

La rubéfaction, l'illuviation de fer et d'argile à l'origine des B ne montrent pas de variations susceptibles d'être rattachées au gradient pluviométrique actuel dont l'effet est inconnu. Il est cependant vraisemblable d'admettre leur réduction vers les zones sèches.

Matériaux à argiles à forte capacité d'échange

La réduction du drainage favorise le développement, la conservation, de minces zones d'altération riches en bases et à argiles à réseau expansible, soit calcaïques (schistes verts) et on y observe le cortège des sols de glacis Rubéfiés, Bruns Tirsifiés, soit sodique (granites) avec l'ensemble des Solonetz et Bruns alcalisés. Parce que peu perméables et à régime hydrique très contrasté ces sols, les premiers surtout, par leur aspect superficiel, leur végétation spécialisée, donnent les paysages les plus typés

du Sahel, mais qui débordent largement vers le Sud la limite méridionale de leurs équivalents sur matériaux sableux. On ne connaît pas encore avec exactitude, pour des raisons diverses (cf. Nig. Occ. t. 2 p. 53 et 173), la limite climatique de leur extension, au delà de laquelle ils passent à des Vertisols et Bruns Eutrophes, on la soupçonne vers 600-800 mm. Sur la carte du Gorouol ils ne montreront donc pas de variation latitudinale; cependant par comparaison avec d'autres lieux, il est possible d'y définir ce qui y est proprement Subaride (cf. IIIB 61-6) : peu de matière organique, bas C/N, pas de désaturation superficielle importante, accentuation des contrastes du régime hydrique, maintien de la rubéfaction en surface des zones décapées. Ce dernier caractère illustre la tendance générale des sols subarides à posséder un niveau rubéfié d'autant plus proche de la surface que le matériau est perméable; on peut y voir soit une réduction des processus à l'origine des Ferrugineux, soit un renversement du sens de drainage (régime exsudatif)(1) dont l'origine première est toujours la diminution de la pluviosité.

Matériaux à basse capacité d'échange

A l'inverse des premiers ils introduisent des sols méridionaux, de type Ferrugineux Lessivé, en zone subaride, dont ils acquièrent le niveau organique (cf. Nig. Occ., t. III pp. 424-432). Au Gorouol ils ne sont représentés que par des matériaux squelettiques ne manifestant qu'une légère redistribution des hydroxydes (formation d'Ydouban). Cette réduction d'épaisseur est une manifestation spectaculaire d'une tendance générale des Sols Sahéliens à l'érosion.

B - CLIMAT ET EROSION

Erosion hydrique

Bien que peu abondantes les pluies sont très concentrées dans le temps et déclenchent sur les glacis peu perméables et à maigre couvert végétal un ruissellement très intense et très précoce, qui n'a pas fait l'objet de mesures locales, mais qui aboutit à un coefficient moyen annuel d'écoulement de 8 à 12 % dans des bassins similaires de petites dimensions (21-85 km², Service Hydrologique de l'O R S T O M). Il provoque une érosion aréolaire généralisée, en nappe et/ou en nappe ravinante, entraînant une érosion lente mais irréversible des sols (cf. IIIB 61-6), aux signes superficiels multiples :

- glaçage et structures laminaires
- transport et classement de débris grossiers en épandages
- morsures des nappes ravinantes
- répartition de la végétation en bandes parallèles séparées de zones nues (' brousses tigrées ').
- et accentuant la sécheresse édaphique en réduisant l'infiltration.

Cette érosion attaque également certaines formations sableuses à sols rubéfiés évolués, possédant des B texturaux bien différenciés : dunes basses de l'erg 'ancien' (Bongouro), plaines sableuses (Ouanzerbé Sud-Ouest), remblais (Dolbel), voiles éoliens sur gravillons (Fantic Ouest), cela d'autant plus que la couverture sableuse est plus mince, le substrat plus imperméable, où que l'on se rapproche d'un secteur de convergence des eaux (contacts des glacis, surtout concrétionnés, bordures des thalwegs). L'érosion peut aller jusqu'au ravinement (Bongouro Ouest), mais se limite généralement à la mise à nu, au glaçage des B, qui forment alors de petites surfaces rougeâtres se comportant comme les sols de glacis.

(1) : duquel on peut rattacher la formation de vernis ferrugineux sur les débris de roche.

Erosion éolienne

Elle est conditionnée par la vitesse du vent, l'érodibilité propre du sol, sa protection par la végétation. Elle n'est ici jamais spontanée, et suit toujours une destruction préalable de la structure superficielle des sols, libérant des particules de tailles convenables, soit par érosion hydrique, soit par érosion due à l'homme et aux animaux.

- érosion éolienne déclenchée par l'érosion hydrique; elle ne produit que des formes mineures mais parfois spectaculaires et à ce titre souvent remarquées; citons :

- le vannage des épandages grossiers des glacis (reg).
- l'arrangement en ridules des sables libérés par les gouttes de pluies
- la formation de crêtes vives au dessus des parois dunaires éboulées par sapement de berge; nombre de ces formes, souvent subactuelles, s'observent le long du Gorouol au contact des gros massifs dunaires.
- la juxtaposition de nebkas (= butte sableuse éolienne) étirées et de surfaces attaquées par l'érosion en nappe ravissante qui fournit les sables nécessaires à l'édification, en fin de saison sèche, des monticules éoliens (contacts glacis-dune).

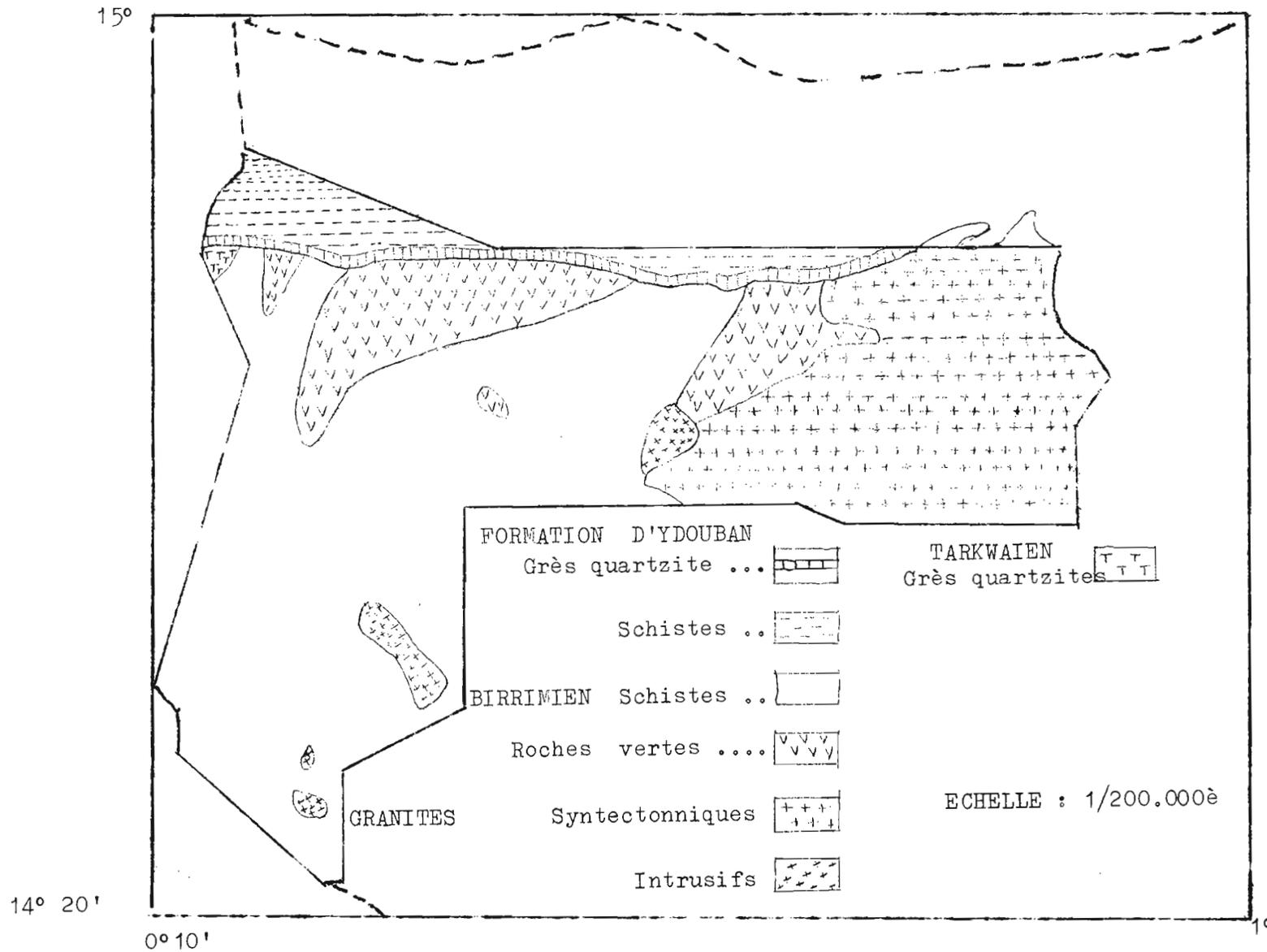
- érosion éolienne déclenchée par l'homme et les animaux. Sur les sols sableux (Brun Rouge, Ferrugineux Peu Lessivé), la structure des A passe à l'état particulaire sous l'effet du piétinement, du travail superficiel du sol, des rejets de fousseurs. Il se forme une couche de 'sables déliés' que le vent peut reprendre en ridules et nebkas. Si le sol n'est relativement pas trop pauvre en argile, le modelé peu accentué, la reprise éolienne s'arrête là; c'est le cas de l'erg "ancien" et des formations qui s'y rattachent (remplai, plaines sableuses). Si au contraire il est excessivement sableux, si le A2 ou le B sont incapables, lors de leur mise en affleurement, de stopper le processus d'ameublissement, c'est toute la surface d'un erg qui peut être ravivée (le 'désert' d'Oussa Ouest), ou, plus souvent, toutes ses crêtes. Les crêtes ravivées sont une caractéristique de l'erg 'jeune' à sols peu différenciés, et constituent un point de faiblesse permanent. Pour l'érosion éolienne, comme le montrent la succession de sols jeunes à des stades divers de fixation et d'évolution qui s'y pressent. A ces manifestations spectaculaires propres aux lieux particulièrement exposés par leur topographie (crêtes) ou leur localisation (proximité de points d'eau, de villages) s'ajoute, sur toute l'étendue de ces sables 'pauvres en argile et limon', un remaniement généralisé de tous les horizons superficiels que décèle le seul examen des profils. Il est le fruit de petites crises érosives séparées par des périodes de recolonisation de la végétation. La généralité des atteintes éoliennes des sols de l'erg jeune s'observe dans tout le Niger, mais elle atteint une gravité toute particulière dans le Gorouol Beli. Dans un passé assez proche, elle est allée jusqu'à la caoudeyrisation complète des massifs de cordons longitudinaux jouxtant le Niger. S'il est vrai que la végétation finit toujours par recoloniser les surfaces ravivées (ce que montre le déplacement de ces dernières), elles n'en restent pas moins temporairement stériles, et leur formation doit être évitée.

F O R M A T I O N S G E O L O G I Q U E S

A - Précambrien (JEAMBRUN et MACHENS)

A-1 Le Birrimien

G E O L O G I E



Il couvre les 2/3 de la carte, à l'Ouest. C'est une puissante Série, encore considérée comme volcano-sédimentaire, redressée à la verticale, les plis orientés NE-SO, très peu métamorphisée, dans la zone des micaschistes supérieurs à séricite et chlorite. On y distingue :

- des roches basiques métamorphiques (roches vertes) : massives, à cassure vive, vert sombre à vert clair, formant des collines dénudées (Ouanzrbé Sud-Ouest), ce sont alors des méta-andésites, des metabasaltes, des gabbros métamorphiques, ou plus souvent schisteuses, très altérées et tendres en affleurement, sous jacentes à des glacis étendus, et formées de 'schistes verts' (séricitoschistes, chloritoschistes, schistes à amphiboles), roches les plus répandues sur notre carte.

- des schistes sériciteux, gris ou mauves, affleurant largement à l'Est de Dayaondo; ils font partie d'un cortège de schistes très peu métamorphisés, généralement argileux, d'aspect variable (rouges, tuffacés); associés à des grauwackes, observables à la base de buttes témoins cuirassées.

A-2 Les Granites Syncinématiques

Ce sont des roches calco-alcalines, à grains moyen, à biotite, qui se sont mises en place lors de l'orogénèse Birrimienne en massifs étendus dont l'un couvre le tiers Est de la carte. Des enclaves de migmatites, généralement plus basiques, y sont fréquentes.

A-3 Les Granites Post Tectoniques

Ils forment de petits massifs bien circonscrits, intrusifs dans les formations précédentes; ceux qui intéressent la carte sont formés, l'un d'une monzonite quartzifère (Dayaondo) l'autre d'un granite alcalin, porphyroïde, à biotite chloritisée en affleurement (Haoussanke Ouest) les derniers enfin (Teguey Nord) à granites calco-alcalins.

A-4 Les Filons de roches basiques

Ils forment des arêtes étriquées étirées en gros NO-SE le plus souvent constitués, sur la carte, de gabbros intrusifs, parfois de dolérites.

A-5 Le Tarkwaïen

C'est une formation détritique issue de la destruction des chaînes Birrimiennes, très siliceuses, formée de grès quartzites quelque peu feldspathiques et heureusement limitée à un petit glacis cuirassé au Nord Ouest de la carte.

B - L'Infra Cambrien (REICHELTL)

Il est représenté par " un ensemble sédimentaire formé des termes inférieurs du groupe d'YDOUBAN", transgressif sur le socle infracambrien, plissé (direction originale NO-SE). Il barre le Nord de la carte où nous l'avons réduit à une mince frange à cause de sa stérilité. On y distingue :

- l'horizon de base, bande étroite de grès quartzites, conglomérats, formant un liséré de Lithosols au contact du socle.
- la 'Formation 1', ici représentée par son 'Faciès Nord', formée de schistes argileux (quartz, séricite, kaolinite), gris, jaunes, bruns, rougeâtres, à horizons lenticulaires très siliceux (quartzites, brèches, jaspes), rarement calcaires ou dolomitiques. Elle seule intéresse notre carte.

LE QUATERNAIRE : MODELE ET MATERIAUX

En dépit de sa faible amplitude (60 à 160 m) le relief montre un étagement de formes caractérisée chacune par des familles de sols génétiquement apparentées (systèmes de terrains) et dont la succession est le résultat de vicissitudes climatiques, les mouvements tectoniques paraissant se réduire à une très lente surrection.

1 - La cuirasse ancienne et le manteau kaolinique d'altération.

Sur tous les substrats géologiques, sinon dans la zone cartographiée du moins à sa périphérie immédiate, le paysage est dominé de hautes buttes tabulaires coiffées d'une épaisse cuirasse à morphologie complexe (cuirasses à horizons) et dont l'aspect des ciments est fort proche de celui des cuirasses de zone très humide. Elle repose soit sur un épais manteau d'altération kaolinique (granites), soit sur la roche simplement ferruginisée lorsque cette dernière ne renfermait pas de minéraux altérables (schistes argileux). Ex :

- colline de BANE BANTOU, sur granites; sommet à 312, 5 m; 7,5 m de cuirasse tronquée; manteau d'altération visible sur 17 m.
- colline de MBEBOUMPO, sur schistes d'Ydouban; sommet à 367 m; cuirasse visible sur 17 m; passage aux schistes par des faciès épigénisés.

L'altération fait vraisemblablement partie du manteau Eocène (Paléocène selon des datations plus récentes) décrit par FAURE au Niger Septentrional; sa surface, telle qu'elle est pétrifiée par la cuirasse, se raccorde à celle qui coiffe le Continental Terminal (Pliocène, cf. Nig. Occ., t.2 p.2), à l'orée du Quaternaire. La cuirasse témoigne du climat le plus humide qu'ait connu depuis le Niger. Elle a été fortement morcelée par le creusement des glacis, dans la couverture détritique desquels on retrouve ses débris. Sous forme de ciselures parallèles à la direction de l'erg ancien (E-0) elle porte les traces d'atteintes désertiques. Son rôle actuel, ainsi que celui du manteau d'altération, sont négligeables à cause de leur extrême réduction.

2 - Les glacis cuirassés et/ou fortement concrétionnés (MICHEL)

Des cuirasses ferrugineuses bien moins épaisses que la précédente, ou des horizons concrétionnés, l'ensemble d'allure "Ferrugineux Tropical Lessivé", fossilisent des restes, essentiellement formés de lambeaux de glacis, de modelés anciens (cf. Nig. Occ., t.2, pp.24 à 27) étagés successivement creusés sous la surface ancienne dans ces formations tendres qu'étaient soit le manteau d'altération soit les schistes argileux. Ce cuirassement décroît en intensité du Birrimien (roches vertes) aux granites, du Sud au Nord, du modelé le plus ancien au modelé le plus récent. Ses restes, visibles sous formes de buttes tabulaires monoclinales, ou de glacis entiers pour les plus récents, sont encore très abondants sur le Birrimien du Gorouol, négligeables sur les granites. Ils ne portent jamais de sols autochtones meubles, règle générale au Niger. Leur nombre n'a pas été défini avec rigueur; pour le Niger il a été évalué à trois; deux sont nettement visibles sur la carte pédologique du Gorouol.

3 - Les conglomérats ferruginisés.

Le cuirassement des glacis a affecté une couverture fortement détritique qui aboutit en bas de pente, au moins le long des principales vallées, à des formations caillouteuses d'allure plus ou moins fluviale (terrasses), elles mêmes cuirassées ou concrétionnées, dont les restes, formant au moins deux ensembles étagés, ont pu être dessinés le long du Gorouol (cf. 1A2-2).

4 - Le glacis nu

Sur le socle, les parties les plus basses du modelé sont les seules à posséder une couverture pédologique presque autochtone, issue de l'altération de la roche sous jacente, où l'ablation est suffisamment lente pour permettre à la pédogenèse de maintenir une couverture meuble, assez mince il est vrai. Dans le Sud du Niger, elles sont réduites à un petit liseré longeant les vallées, dans le Nord (en gros, moins de 575 mm), dans le bassin du Gorouol, elles couvrent de vastes glacis sur la base desquels s'emboîtent les alluvions. Il est difficile de savoir si ces glacis nus sont une variante septentrionale du glacis concrétionné inférieur, ou une forme originale plus étendue dans le Nord. De toute façon ils sont attribuables à un climat plus sec que les précédents : l'altération, sur les roches qui s'y prêtent, y produit des argiles gonflantes et conserve des taux élevés de bases (Roches vertes, Ca et Mg; granites, Na, Ca, Mg), le concrétionnement y est très réduit. Cependant on ne saurait attribuer entièrement à une péjoration climatique l'apparition de ce nouveau type d'altération, le glacis nu raclant le front d'altération ancien (Eocène). Les schistes sériciteux ou kaoliniques ne manifestent qu'une légère délapidification. L'histoire pédologique de ces glacis est complexe; de très nombreux profils montrent la succession :

- mince zone d'altération argileuse
- tronquant celle ci, une nappe détritique à allure de reg fossilisé, concrétionné.
- une argile sableuse, matériau du sol actuel, dont la base peut présenter des restes pédologiques plus anciens (concrétionnés), dont le sommet manifeste toujours les traces d'une ablation lente.

Cette nappe détritique passant sans changer l'aspect sous les dunes, nous la considérons comme le témoin de la phase majeure d'érosion des sols du glacis inférieur, qui a immédiatement précédé la mise en place de l'erg ancien, fourni les sables détritiques dont il s'est nourri, fait disparaître toute couverture pédologique meuble, déterminé, ou achevé, la mise à nu des horizons concrétionnés. Une période humide ultérieure a vu le colmatage du reg, son concrétionnement (manganésifère surtout), probablement le maintient de l'altération, l'évolution d'une deuxième génération de sols, très voisine sinon identique à celle que nous examinons actuellement, et également fort proche de celle qui l'avait précédée (hypothèse: 1ère génération, Bruns Eutrophes et Vertisols, 2ème, Régiques Rubéfiés, Bruns Tirsifiés). On décèle ensuite une seconde crise érosive avant la période actuelle, moins importante, peut être contemporaine du dessèchement qui a vu la mise en place de l'erg récent.

Les glacis nus couvrent pratiquement tous les granites (Sols Bruns et Halomorphes), la moitié du Birrimien (Régiques Rubéfiés et Bruns Tirsifiés), presque tous les schistes sériciteux (Régiques mal drainés).

5 - Les sables proluviaux (cf. 1A2-1)

Ce sont des sables détritiques sous dunaires que nous estimons contemporains de la phase de destruction des sols de glacis. Ils n'ont été observés qu'une fois, au Sud Est de Ouangerbé, trop profondément tronqués par les sables dunaires pour que des sols y soient reconnaissables.

6 - Les sables argileux de remblai

La base des glacis longeant le Gorouol est colmatée d'une succession de placages, en moyenne sablo-argileux, à sols rubéfiés et lessivés, base concrétionnée, d'allure évoluée. Ils sont éolisés, mais leur base décèle une origine proluviale. Ce seraient des homologues des sables proluviaux que leur texture plus argileuse aurait fait échapper à une éolisation complète.

Sur la terrasse du Niger ils passent en profondeur à un cailloutis franchement fluviatile, à la nappe détritique habituelle sur les glacis.

7 - L'erg ancien (cf. IIIB51-1)

Il a été mise en place lors de la phase aride la plus intense du Quaternaire récent (un peu plus de 21.000 BP selon FAURE); on trouve encore ses restes (jupes) à 650 mm sur le socle et 875 mm sur le CT3. Il est omniprésent dans le Sahel, sur notre carte, sous forme de massifs dunaires longitudinaux, de plaines sableuses, de voiles éoliens, cloisonnant et masquant les glacis, selon une direction principale E-O. Il est caractérisé par des sols rubéfiés et lessivés, dont la différenciation est celle du Ferrugineux Peu Lessivé typique. Ils se sont formés lors de la période humide immédiatement postérieure (7.000 à 21.000 BP), en même temps que la seconde génération de sols de glacis, et que les sols de remblai, sous une pluviosité qui, si les résultats de Faure au Niger Est étaient extrapolables, serait de l'ordre de 1.000 mm dans la zone cartographiée. L'aplanissement de l'erg par érosion hydrique a probablement débuté à des pluviosités beaucoup plus basses (200 mm en Mauritanie, selon DAVEAU, 250 mm dans le cordon de TAL au Niger) et serait antérieur dans ses grandes lignes à la phase pédogénétique. Cette formation, rappelons le, a une grande importance économique, puisqu'elle porte la majorité des terres de cultures (mil, arachide) du Niger.

8 - L'erg récent (cf. IIIB31-1)

C'est le nom donné à des formes dunaires plus accusées, à orientation souvent différente de celle de l'erg ancien (E.SE.-O.NO), localisées sur les franges septentrionales de ce dernier, ou en bordures de vallées, se présentant le plus souvent en cordons, à extension moins méridionale. Ses sols, également rubéfiés et lessivés, sont nettement moins différenciés que ceux de l'erg ancien, corrélativement plus pauvres en argile et limon. Végétation et utilisation y sont différentes, des pâturages et des prairies vivaces remplaçant les savanes arborées à tapis annuel et les cultures. L'interprétation la plus simple consiste à les considérer comme mis en place pendant une seconde phase désertique (vers 6.000 BP.), par rajeunissement éolien de ces derniers (d'où l'appauvrissement textural par vannage et la localisation topographique) ou par éolisation d'alluvions sableuses issues de la destruction de l'erg ancien pendant le début de la période humide précédente. Elle ne résout pas toutes les difficultés, certains ergs possédant l'orientation ancienne mais des sols intermédiaires (cf. IIIB3-2) par leur texture et leur développement. Dans cette hypothèse, la phase d'évolution pédogénétique aurait pris place dans une phase humide ultérieure, moins prononcée que la précédente, vers 5.000 BP.

9 - Les alluvions (cf. VI A2-2)

Les alluvions mises en place pendant le Quaternaire récent, qui succèdent aux cailloutis des 'terrasses', témoignent, par leur finesse plus grande, leur dépendance à l'égard de la couverture pédologique locale, d'une hydraulicité beaucoup plus faible et décroissante dans le temps, par leur étagement, des variations de cette dernière imposées par les fluctuations climatiques. Ils forment trois ensembles :

- les alluvions non submersibles, immédiatement antérieures à la mise en place de l'erg ancien (remblai, cf. ci-dessus) ou résultant de l'oblitération du réseau de drainage par ce dernier. Ce second type de dépôt est mal connu, en dehors des argiles à Bruns Tirsifiés et Vertisols de Dayaondo (Cf. IIIA22-1), témoins d'une première phase de colmatage.

- les levées, essentiellement sableuses, paraissant résulter de la rupture des barrages dunaires précités pendant la période humide postérieure à l'erg ancien. De fait, ses parties les mieux drainées; à l'abri de la submersion, portent des sols rubéfiés et lessivés du type Ferrugineux Peu Lessivé.

- les argiles et argiles sableuses de lit majeur, ensemble alluvial le plus étendu et le plus caractéristique du Niger Sahélien, correspondant à la phase majeure de colmatage. Cette dernière s'est produite postérieurement à la mise en place de l'erg récent, aux dépens des sols de glacis de la seconde génération. Dans le Gorouol, et plus généralement dans les grandes vallées, ce sont des dépôts de bief (flats), résultant de la formation de chapelets de mares en fin d'écoulement. Dans le Beli cette sédimentation a été favorisée par un barrage formé des levées que le Gorouol avait édifiées pendant la période humide antérieure. En bas de glacis de petites plages de colmatage doivent leur existence à cette oblitération du réseau affluent par des levées latérales (ex: Yatakala Ouest). Très récent (selon Faure il se serait achevé vers 1.100 BP au Niger Est) ce colmatage paraît se poursuivre en amont du Gorouol, peut être dans le Beli, mais est en voie de déblaiement vers l'aval. Comme témoins de cette période postérieure à l'erg récent et à laquelle on doit la majorité des Sols Hydromorphes actuels on connaît encore des sols gris interdunaires (cf. IIIAII-I).

10 - Matériaux, modifications subactuelles et actuelles

Ils sont le fait de l'érosion, due à la conjonction de vicissitudes climatiques mineures et de la dégradation du couvert végétal du à l'homme et aux troupeaux. Citons :

- les sols anthropiques (cf. B31-2), les sols Peu Evolués d'Apport éoliens, souvent associés aux premiers, le niveau superficiel remanié des sols de l'erg récent (Brun Rouge Peu différenciés).
- l'érosion aréolaire de l'erg ancien

Les traits de la pédogénèse actuelle ont été précisés ci-dessus.

L A V E G E T A T I O N

Les formations végétales appartiennent à la Province Boreale Occidentale des Formations Steppiques et Desertiques d'AUBREVILLE. Comme dans toutes les régions sèches elles manifestent une forte adaptation édaphique, qui est plus sensible dans leur physionomie que dans leur composition floristique. Elles sont très modifiées sur les sols cultivés ou pâturés, dont l'essentiel est formé par la couverture sableuse. Inversement elles sont bien conservées sur les terres inutilisées, particulièrement sur les alluvions des sections méridionales du Gorouol (cf. VIA 23-1). Elles se répartissent selon les grands systèmes de terrains mentionnés ci-dessus :

Formations steppiques arbustives contractées : formation des glacis nus

Le substrat est caractérisé par son imperméabilité, sa compacité, son épaisseur moyenne faible, des réserves hydriques assez fortes mais peu accessibles et de reconstitution malaisées. Des zones de ruissellement décapées alternent avec des zones d'infiltration, les premières nues ou à nanotherophytes, les secondes à steppe arbustif ou fourrés, plus rarement à tapis graminéen vivace; l'ensemble donne un dessin de "brousse tigrée" plus ou moins régulier (cf. III 61-3). Lorsque l'humectation et la profondeur des sols croissent, la répartition des essences ligneuses devient plus diffuse et dense : bois armés. Les espèces diffèrent légèrement selon le support lithologique (cf. tableau); comme caractéristiques citons Acacia Seyal, Acacia Senegal, Commiphora Africana, Acacia flava (Ydouban), Dichrostrachys glomerata (Ydouban) et diverses saxicoles. Schoenefeldia gracilis domine dans le tapis graminéen, normalement annuel, également caractérisé par un Pennisetum sciaphile; les glacis nus sur granites sont, eux, couverts de Cymbopogon Schoenanthus.

Formations arbustives contractées des glacis concrétionnés

La perméabilité superficielle est améliorée grâce à la nappe gravillonnaire. La répartition en bande disparaît, remplacée par une disposition plus diffuse, en fourrés séparés par un semis lâche d'arbustes. L'identité des essences avec les glacis nus traduit cependant une parenté physique peut être due à la faible épaisseur de la nappe concrétionnée.

Prairies vivaces piquetées d'arbustes: formations des sols de l'erg jeune (Brun Rouge peu différenciés).

Le substrat est très perméable, profond, les réserves hydriques faibles mais très accessibles; les réserves minérales sont minima. Le paysage végétal est une prairie où une strate vivace (Aristida longiflora, Hypparhenia dissoluta) domine un tapis annuel fugace où Cenchrus biflorus est le plus commun. Quelques arbustes (Combretum glutinosum, Terminalia Avicennoides) le parsèment. Le pâturage paraît favoriser les graminées annuelles aux dépens des vivaces, effet bénéfique qui compense la remise à vif de certaines parties de ces ergs.

Dans les sillons interdunaires la densité des espèces ligneuses croît (Commiphora Africana, l'ubiquiste Balanites Aegyptiaca) et de grandes Andropogonées vivaces (aff. Gyanus) expriment l'amélioration des réserves hydriques.

Savanes lâches arbustives à tapis graminéen annuel et jachères: formations de l'erg ancien et du remblai (Ferrugineux Peu Lessivés, Brun Rouge).

Le substrat est perméable et profond quand il n'est pas érodé. Réserves minérales et hydriques son très accessibles, plus élevées que dans l'erg jeune, mais restent faibles. Cependant l'équilibre réalisé, la facilité avec laquelle ils peuvent être travaillés, en font les terres de cultures sèches les plus recherchées. Aussi n'est on pas sur d'y connaître les formations végétales naturelles (climaciques); il est probable qu'on n'y observe que des jachères à divers stades de reconstitution. L'aspect habituel est celui d'une savane arbustive plus ou moins lâche à Combretum glutinosum, et tapis herbacé à Cenchrus biflorus, Ctenium elegans. L'Acacia Raddiana est parfois commun sur le remblai (plus argileux) ou dans le Sud Ferrugineux). Il en est de même du gommier (Acacia Senegal). Dans les jachères Guiera Senegalensis est caractéristique; les recrues de Bauhinia reticulata sont propres aux fonds et au remblai. Les ensablements Septentrionaux sur granites portent de magnifiques tapis à Schoenefeldia gracilis et Aristida mutabilis.

Savanes boisées : formations des levées méridionales (VIA23-1)

Les textures, la proximité de la zone d'inondation favorisent la constitution de fortes réserves hydriques qu'utilisent des essences non hydrophiles, la perméabilité et la porosité du substrat restant suffisants pour limiter l'engorgement. Au Faidherbia se mêlent des espèces plus méridionales : Anogeissus leiocarpus, Diospyros mespiliformis, Vitex. Le tapis herbacé est annuel, à Ctenium. L'absence de cultures a permis le maintien de pareilles formations.

Forêts hydrophiles : formations méridionales du flat du Gorouol (VIA23-1)

Ce sont des formations de terres vierges, assez extraordinaires par leur vigueur, dont l'existence, actuellement rarissime dans le Sahel, per-

met d'évaluer l'ampleur, généralement sous estimée, des modifications subies du fait de l'homme, qui s'est montré ici exceptionnellement conservateur. *Faidherbia*, *Mitragynes*, *Acacia Nilotica* s'y répartissent selon les textures et le degré d'hydromorphie.

Prairies hydrophyles: formations du Beli et du flat Septentrional du Gercoucl

Leur origine est probablement artificielle, sauf peut être en ce qui concerne la prairie prostrée à Bergou (*Echinochloa stagnina*) du Beli. Diverses espèces, dont un *Vetiver*, s'y répartissent en franges successives selon la durée de submersion.

Formations de transition

Elles apparaissent dans les transitions de matériaux : essences psammophiles envahissant un glacis nu à la faveur d'un voile éolien, essences de sols lourds apparaissant en interdunes. Elles se manifestent par 'contamination', chaque espèce dominante tendant à envahir les marges de son domaine d'élection. Elles suivent les changements progressifs de régime d'hydromorphie.

PRINCIPALES ESPECES VEGETALES DES FORMATIONS SUR SOLS NON HYDROMORPHES (suite)

	Glacis nus	G C	Erg jeune	Erg ancien	Remblai
	Y B G		S I	F B FG BC	F B
<u>Herbacées diverses</u>					
Ipomées P	. . . .	P .
Leptadenia pyrotechnica	P .	. . . .	. .
Chrozophora Brocchiana	P P	P . . .	. .
Cassia mimosicoides	P .	P . . .	. .

NOTES :

Glacis nus : Y = schistes d'Ydouban; B = roches et schistes verts Birrimiens
: G = granites

Glacis concrétionnés : GC

Erg jeune : S = Parties hautes; I = sillons interdunaires

Erg ancien : Sols Ferrugineux Peu Lessivés = F, Brun Rouge = B; a éléments
d'arène granitique, FG et BC.

Remblai : Ferrugineux = F, Brun Rouge = B.

P = espèce fréquente; D = espèce dominante.

U T I L I S A T I O N

Le calendrier agricole est théoriquement divisé en trois périodes :

Juin-Septembre : mois humide, chauds, pluvieux; cultures tropicales vivant des ressources en eau du sol renouvelables par les pluies. Le volume de ces dernières fait entrer la zone cartographiée dans la "zone des pâturages, millets et niébés" au Nord de Dolbel, dans la "zone de transition", où arachides et sorghos peuvent apparaître dans certaines dépressions, au Sud (cf. calques d'utilisation des cartes au 500.000^e du Niger).

Octobre-Février : saison fraîche (surtout Décembre-Janvier) et sèche; époque de cultures tropicales ou tempérées vivant des ressources en eau du sol non renouvelables (décrue) ou renouvelables par irrigation.

Mars-Mai : saison très sèche et chaude; repos végétatif; survie difficile des cultures pérennes qui ne peuvent subsister qu'en phréatophytes, ou abondamment irriguées, avec brise-vents.

En fait le mil et, accessoirement, le niébé sont pratiquement les seules cultures. Le sorgho est très rare, l'arachide presque absente. Coton, manioc, légumes ne couvrent que quelques hectares en bordure du Gouroul. Les rendements des deux principales cultures, 3,5 à 5 ha pour le mil, 0,6-1,1 q/ha pour le niébé, sont dans les moyennes du Niger. Les terres sableuses non submersibles sont les seules à être cultivées, les sols lourds (à une exception près, cf. IIIA3-1), les sols hydromorphes sont incultes. Le choix de terrains légers trouve une limite où les réserves en eau sont trop faibles, aussi les sols de l'erg jeune, plus généralement ceux des 'sables pauvres en argile et limon', dont la capacité de rétention varie de

18 à 32 mm/m, sont-ils désertés. Les sols, Brun Rouge ou Ferrugineux, de l'erg ancien, du remblai sont au contraire très recherchés et font l'essentiel des terrains cultivés. Mais même dans ces derniers, les réserves minérales ne seront jamais bien grandes, et l'irrégularité pluviométrique n'y peut garantir les rendements. Une troisième catégorie de terrain, également très cultivée, échappe en partie à ces défauts; ce sont les glacis nu ou concrétionnés, les premiers meilleurs que les seconds, sur Birrimien généralement, rarement sur granites, à ensablement partiel et/ou peu épais, où se combient l'afflux d'eau de ruissellement propre aux glacis, des réserves minérales plus importantes accessibles à faible profondeur, une perméabilité superficielle et un ameublissement voisin de ceux des sols dunaires. La combinaison sable-argile sableuse se fait le plus souvent par superposition et mosaïque (Associations Ferrugineux Peu Lessivés - Sols Subarides de glacis-Sols gravillonnaires), parfois par mélange intime (sous famille: colluvions sable-argileuses mixtes). Le prix de leur utilisation en est une érosion très forte donnant au paysage un caractère inhabituel pour une campagne, même Sahélienne. Cette érosion n'est d'ailleurs que l'accentuation de celle qui frappe tous les sols possédant un B textural, même peu prononcé, et ceux des ensablements minces et discontinus le sont, due à la proximité d'importantes surfaces de ruissellement. Sous une forme atténuée elle paraît être venue à bout de la fertilité de la majorité des sols de remblai (Séries de Dolbel, Yatakala Est, Fantio, Ouaznerbé Sud). Pour compléter ce tableau des terres cultivées, ajoutons les dépressions interdunaires (cf. IIIA-I), les sols les mieux drainés de levée haute (à Bongourc), toujours choisis pour leurs réserves hydriques accrues sans que soient compromises leur perméabilité et leur prosoité.

L'abandon des sols lourds et des sols hydromorphes ne peut être attribué à la nature de ces derniers mais aux traditions agricoles. Par exemple le sorgho de décrue pourrait être cultivé en bordure du Beli et sur le flat argileux du Gorouel sans aménagement. L'absence d'arbres fruitiers, de jardins, de petite irrigation ne trouve pas non plus d'explication édaphique.

Aux pâturages reviennent les terrains qui ne conviennent pas au mil: ceux de l'erg jeune, des glacis nus et concrétionnés, des alluvions. L'effectif du bétail local est limité par les surfaces des terrains de parcours accessibles en saison sèche à partir des points d'eau. Comme ces derniers se localisent dans les vallées (Gorouel, Beli, Niger) les pâturages de leurs abords immédiats sont surchargés, leurs sols superficiellement remaniés quand ce sont ceux de l'erg jeune, voire détruits (crêtes ravivées, "désert" d'Oussa Ouest). Il n'existe pas actuellement de compétition entre élevage et cultures pour les sols, mais elle se manifestera lorsqu'il sera nécessaire de défricher les alluvions dont la fertilité naturelle, la plus élevée qui soit dans la zone cartographiée, est sous utilisée. En effet seule la prairie hydrophile prostrée du Beli (Sols à Gloy) donne un aliment convenable quoique peu abondant, le reste est couvert d'espèces herbacées espiteuses dures et peu consommées (Vertivers) ou d'essences ligneuses. Donc même si l'on désirait réserver au bétail les Sols Hydromorphes, il serait nécessaire de remplacer les peuplements naturels par des espèces plus productives.

I. LES SOLS MINÉRAUX BRUTS .

I.- LES SOLS MINÉRAUX BRUTS .

I-A. - LES SOLS BRUTS D'ÉROSION.

(cf. Niger Occidental, tome II, p.I)

IA-I LES LITHOSOLS (cf. id)

AI-I Cuirasse sur roche profondément altérée
(cf. Nig. Occ., t.II, pp2-6 et 9-10)

Elles couronnent les buttes tabulaires les plus élevées : collines de Komkara (cote 317) à l'Ouest de Dolbel, de Kourbe Debia (cote 300) à l'Est d'Ouanzerbé, toutes deux sur Birrimien, de Bani Bountou (cote 320) à l'Est de Fatatako sur granites.

Elles sont épaisses (10m), de teinte rouge brique à violacé, formées de plusieurs horizons, mieux conservées sur schistes que sur granites. Elles donnent un entablement important, à sommet tronqué et portant parfois des traces inactuelles de corrasion éolienne (ciselures). Leurs débris protègent les versants raides de ces collines, établis sur des formations tendres, schistes ou altérites des granites. Ces dernières sont essentiellement kaolinitiques, ferruginisées à leur sommet, au contact de la cuirasse, épaisses (au moins 17 m à Bani Bountou).

Nous les avons interprétées comme témoins d'une surface ancienne cuirassée, pliocène.

AI-2 Cuirasses ferrugineuses de glacis (cf. Nig. Occ., t.II, pp II-18 et 24-27)

On les observe sur des buttes étagées plus basses et étendues que les précédentes, sur des glacis disséqués, en affleurements faiblement surélevés. Elles sont plus minces (moins de deux mètres), brun rougeâtre, conglomératiques, les éléments recimentés étant formés de quartz et de débris de la cuirasse supérieure. Ce sont les restes de modelés successifs creusés dans la surface ancienne puis cuirassés. Ils sont plus abondants sur les schistes que les granites.

AI-3 Affleurements de roches diverses

Ce sont :

soit des reliefs de roches dures, ayant résisté à l'altération et à l'érosion : grès quartzite de la base de la formation d'Ydouban, gabbros intrusifs, filons de quartz, parfois granites alcalins.

soit des reliefs de roche tendre dont le sommet cuirassé a disparu : schistes.

soit des champs, non cartographiables, de boules de roche, manifestant la mise à nu du front d'altération, caractéristiques des bas glacis sur granites calco alcalins du tiers Est de la carte.

.../...

IA-2 LES REGOSOLS (cf. Nig. Occ., tII, p.35)

A2-I Les Regosols sur sables quartzeux proluviaux versicolores.

Au Sud Est de Ouanzerbé un petit bassin versant (250ha) montre une formation sableuse détritique fraîchement exhumée de sous les sables dunaires rubéfiés et découpée en bad land par un fort ravinement. Ce dernier est formé d'une multitude de petites buttes tronconiques à sommets remarquablement plats, qui sont visiblement les restes d'une surface unique qui couronnait les sables détritiques et qui a été partiellement consolidée par un léger concrétionnement ferrugineux. L'aspect des sables proluviaux est donné ci-dessous :

GB 45 OUANZERBE

Lat : 14° 42' 50" N. Sommet et flanc d'une butte de sables
Long : 0° 23' 10" E. proluviaux.

- Surface : plane, portant de nombreuses concrétions ferrugineuses columnaires à grand axe vertical (3 x 10 cm) à ciment ferrugineux rouge et brun rouge, renfermant de nombreux quartz anguleux de 3-4 cm, et des débris de schistes.
- 0-3m : masqué par les débris des concrétions ci-dessus
- 3-3,7m : lits de quartz anguleux (1-2cm), de débris de schistes (à plat), enrobés dans les sables ci-dessous; nombreuses taches rouges.
- 3,7-5m : sables quartzeux émoussés, de taille moyenne (médiane 0,22mm), assez bien triés. Très compacts, durcis. Bariolés de blanc (10YR 7/1), jaune (10YR 6/8), rouge (2,5YR 4/6), par plages de 2-3cm anastomosées.
- Base : non observée ici, mais à 50 m de là, à la cote -3m, des sables identiques ravinent des schistes bleuâtres non altérés.

GB 46 OUANZERBE

Lat : 14° 43' 0" N.
Long : 0° 22' 50" E.

Sous les sables rouges de la base d'une dune, on observe :

- 0-0,45m concrétions ferrugineuses à éléments verticaux, riches en petits quartz, localement coalescents.
- 0,45-1,2m sables rubéfiés (2,5YR 5/6) à lits de quartz.
- 1,2-3,2m lits de quartz (5cm) anguleux alternent avec des lits de sables bariolés de blanc et jaune.

L'histoire de ces sables peut être reconstituée ainsi :

- mise en place par des cours d'eau temporaires.
- fossilisation par des sables dunaires
- engorgement de nappe (bariolage et concrétionnement)
- exhumation et érosion.

.../...

Si la succession des trois premiers événements peut s'expliquer par des vicissitudes climatiques Quaternaires, il est vraisemblable que l'homme a favorisé, sinon déclanché, la phase d'érosion accélérée de ce bassin, comparable à celle qui ronge les placages sableux ou les massifs dunaires situés près des reliefs rocheux (cf. carte). Elle est trop avancée pour que ces sols soient susceptibles d'une utilisation intéressante.

A2-2 Les Regosols sur cailloutis fluviatiles ferruginisés

(Extrait de Nig. Occ., t.II, p.33).

" Au Nord de KOSSA, affleure (I4°38'N., 0°15'20"E., cote 247), à
 " 12 mètres au dessus de la zone d'inondation une très belle for-
 " mation à gros galets anguleux de quartz, visible sur sept mètres, à
 " emballage argileux rouge, fortement litée, les joints ferrugini-
 " sés étant mis en relief par le ruissellement, et montrant alors
 " un pendage de quelques degrés". Au Nord de BONGOURO (Lat I4° 35'N,
 " long 0°15'40"E, cote 261), sous un erg ancien en voie d'érosion,
 " sept mètres au dessus du thalweg, apparaît une cuirasse ferrugi-
 " neuse et manganésifère, imparfaitement pisolitique, vacuolaire,
 " feuilletée, épaisse de 60cm, à squelette formé par un cailloutis
 " observé au dessous sur deux mètres encore. Ce sont des galets
 " frustes de quartz et quartzites, légèrement émoussés, de 3cm en
 " moyenne, pouvant en atteindre 15. Ils sont mêlés de gravillons
 " arrondis, bien roulés, de cuirasse ancienne ou de schistes ferru-
 " ginisés (1-5mm). Le dépôt est très lité, à matrice d'argile rouge
 " et repose sur des schistes tendres (ou altérés) jaune rougeâtre
 " à filonnets de quartz. Cinq mètres plus bas la même formation,
 " apparemment, est coiffée d'une cuirasse très manganésifère, et
 " renferme des débris de quartz d'un filon sous jacent
 " Ce conglomérat, distinct de celui de Kossa, se retrouve
 " tout au long de la vallée jusqu'à 10 Km de son embouchure dans
 " le Niger (gué de OUSA). Ses caractères macroscopiques sont voi-
 " sins de ceux que leur position topographique permettait de clas-
 " ser comme basse terrasse au Sud (Sirba, Dargol). Le conglomérat
 " de KOSSA, apparemment un lambeau de cône d'épandage, est actuel-
 " lement inclassable".

A2-3 Les Regosols sur schistes argileux (groupe d'YDOUBAN).

Association à Lithosols et Sols Régiques (cf. Nig. Occ., t.2, pp.36-37)

Cette unité coïncide à la fois avec les glacis sur la formation d'Ydouban et avec le Gourma nigérien. Sa limite méridionale est formée par les affleurements linéaires de l'horizon de base : quartzites, grés quartzites, conglomérats, cartographiés en Lithosols. Son substrat, dans la zone cartographiée, est constitué de schistes argileux (kaolinite, oxydes de fer, parfois sericite), de niveaux lenticulaires quartzitiques ou jaspoides, de rares grés calcaire-dolomitiques. Cet ensemble, de par sa couverture pédologique, se manifeste comme peu altérable, peu perméable. Des dunes d'obstacles (sols brun-rouge) figurent à titre d'impureté au Nord Est de Kabia, et des traces de saupoudrage éolien sont visibles un peu partout.

La topographie et les sols permettent de distinguer trois parties dans le modelé établi sur la formation d'Ydouban :

.../...

- des massifs de collines dénudées, témoins tabulaires plus ou moins démantelés de la cuirasse ancienne et de la cuirasse ferrugineuse du modelé supérieur (MI). Leurs versants assez raides (45°) dominent d'une soixantaine de mètres, au plus, les bas glacis. Leur teinte rougeâtre est celle des schistes de Yassane. Ils sont cartographiés en cuirasses, ou en Lithosols, selon le degré de démantèlement.
- des glacis concaves (3 % en amont, 0,2 % en aval), très étendus, dont la partie supérieure et moyenne forme l'unité étudiée. Ils sont très plats, couverts de pierrailles, superficiellement lavés par un fort ruissellement, légèrement incisés par une multitude de ravinaux, parsemés de petites buttes représentant autant d'affleurements de roches plus résistantes (siliceuses). Leur partie inférieure peut être légèrement remblayée, et prend alors une teinte blafarde contrastant avec la grisaille habituelle du glacis : elle est alors cartographiée en Sols peu Evolués d'Apport Mal Drainés (cf. infra).

La pluviométrie, interpolée, est de 400-425mm. On est à la limite des climats Sahélo-Sahariens et Soudano-Sahéliens. La couverture végétale, étonnamment rabougrie et pauvre, est une formation contractée de petits épineux, passant à des fourrés en bandes dans les bas de pente; elle est caractérisée par : Dichrostachys glomerata, Acacia flava et ataxacantha, Commiphora Africana.

La couverture meuble consiste en un lit de débris de plaquettes schisteuses à emballage pulvérulent, localement remplacé par un pavage de blocs de quartzite, très rarement par des blocs cariés de grès dolomitiques. Les schistes sous-jacents subissent un émiettement progressif vers le sommet qui leur conserve cependant leur orientation; les fissures s'emplissent d'un matériau argilo-finement sableux à structure grenue ou poudreuse très fragile. On en déduit que ces schistes et leurs produits de désagrégation ne sont pas gonflants, et que leur fragmentation est le fait de la végétation et de la faune du sol. Un léger engorgement de profondeur provoque une réorganisation des oxydes au sein de chaque plaquette schisteuse : auréoles périphériques d'hydroxydes de fer jaunes, oxydes noirs tendant à former un nodule central. A la surface du sol les plaquettes sont simplement revêtues d'une patine sombre ou rougeâtre. Dans les parties les moins pentues, l'emballage meuble se différencie légèrement : il est grisâtre en surface (matière organique), jaunâtre ou rougeâtre en profondeur (individualisation du fer). En même temps son abondance croît, et des taches d'hydromorphie y apparaissent.

Ces sols peuvent être classés comme Regiques.

Les propriétés analytiques essentielles de l'emballage meubles sont :

- 0,5-1% de matière organique (Sol Regique) avec des C/N de 7-8.
- pH de 5,2-5,6 en surface, avec une saturation de 68-72%.
- pH de 5,3-6,8 en profondeur, avec une saturation de 69-100%.
- équilibre relatif des cations : Ca=52-57% Mg=40-42% Na+K=3-6% (surf).
Ca=36% Mg=40 Na+K=4% (prof.)
- capacité d'échange spécifique de l'argile : II-19 méq/100g.
- somme des bases échangeables : 4,5 à 12 méq, selon la texture
- texture très fine : 50 à 60% d'argile, 13 à 36 % de limons, pas de sables grossiers.
- très mauvaise stabilité structurale, perméabilité pratiquement nulle
- forte humidité équivalente : 32% en poids. .../...

L'aridité climatique, l'imperméabilité du substrat, enréduisant le couvert végétal, suffisent à expliquer la faiblesse de la pédogenèse sur ces glacis. La minceur des sols rend compte de leur stérilité. Comme, dans le Niger Sahélien, de telles étendues à sols peu perméables, improductifs, apparaissent sur les substrats pouvant libérer des argiles à basse capacité d'échange (ex : Continental Terminal moyen, schistes sericiteux Birrimiens), la cause première de cette pauvreté paraît bien être d'ordre lithologique, et, partant, irrémédiable.

Ces glacis nous paraissent inutilisables, même pour un reboisement, car il est vraisemblable que la brousse épineuse qui les recouvre est son climax.

II. LES SOLS PEU EVOLUES .

II.- LES SOLS PEU EVOLUES .

II-A. - LES SOLS PEU EVOLUES D'EROSION .
(cf. Niger Occidental, t.2, pp 39-40 et 50-51)

IIA-I LES SOLS REGIQUES.

AI-I Les Sols Regiques sur gravillons ferrugineux, avec
ou sans placage sableux. (cf. Nig. Occ., t.2, p.51.)

Cette unité est formée de glacis inférieurs (M3), sur schistes Birrimiens, très localement sur granites, concrétionnés, plus rarement cuirassés, à couverture pédologique tronquée et remaniée, non fossilisés par les ergs anciens, mais localement couverts d'un voile sableux pelliculaire. L'étude de l'ensemble des glacis inférieurs du Niger Ouest permet de reconstituer ainsi leur histoire (cf. t.2 pp. 26-27, et 39-40 : IIB2) :

- phase d'érosion, mise en place d'une nappe détritique incluant des débris des cuirasses des glacis antérieurs.
- phase d'évolution : formation de cols lessivés, à concrétions, la ferruginisation étant maximum dans la nappe détritique au contact de la roche sous jacente.
- phase d'érosion (aride) ; ne subsiste que l'horizon concrétionné ou cuirassé, fréquemment remanié en reg.
- fossilisation dunaire partielle.
- phase mineure d'évolution ; sol regique se différenciant dans l'emballage ; néo-concrétionnement.

Actuellement ces glacis se présentent en grandes bandes étirées d'Ouest en Est, selon les orientations de l'erg ancien qui les cloisonne, dont la largeur varie de 0,5 à 7 km, sur la carte, et la longueur de 2 à 30 km. Les pentes en sont très faibles (moins de 1%), la surface uniformément couverte d'un manteau de débris ferrugineux vernissés, ou de pavage de cuirasse, ou de quelques centimètres de sables plus ou moins argileux et rubéfiés. Ils ne sont présents que dans la moitié Sud de la carte ; plus au Nord les glacis qui leur sont topographiquement équivalents ne sont pas, ou très peu, concrétionnés (M3-2), soit qu'ils représentent un stade plus avancé d'érosion des glacis concrétionnés, soit que, pour des raisons paléoclimatiques, le concrétionnement y ait été plus faible, ou nul.

La végétation en est formée de steppes d'épineux irrégulièrement contractés, à *Acacia Seyal*, *Commiphora Africana*, *Acacia macrostachya*, *Combretum micranthum*, *Guiera Senegalensis*, ce dernier dominant sur les voiles sableux. Le tapis herbacé, annuel, comporte *Schoenefeldia gracilis* et *Loudetia* sp.

Les sols gravillonnaires, sous une surface fortement marquée par le ruissellement (plages dénudées, épandages de sables grossiers), montrent un horizon d'une dizaine de centimètres à emballage brun sableux, à structure lamellaire, coiffant un horizon à emballage

.../...

rubéfié sablo-argileux polyédrique, parfois cubique, l'ensemble étant très poreux. Les sols à recouvrement sableux présentent la même variation de couleur sur une vingtaine de centimètres dans un matériau homogène sableux à sablo-argileux, dissimulant la nappe gravillonnaire. Dans les deux cas des traces d'hydromorphie (taches ferrugineuses, décolorations locales de l'emballage) peuvent se manifester au contact de la roche sous jacente.

Ces glacis sont incultivables et ne peuvent fournir qu'un maigre pâturage.

II-B. - LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT.

IIB-I LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT BIEN DRAINES.

BI-I Les Sols Peu Evolués d'Apport bien Drainés sur colluvions argilo-sableuses mixtes (schistes altérés et sables quartzeux).

Cette unité est formée par les dépôts colluviaux mis en place par le ruissellement sur les pédiments entourant certaines buttes témoins cuirassées très démantelées, leurs constituants étant prélevés sur les schistes altérés et ferruginisés sous cuirasse, et sur des dunes d'obstacles arasées.

Elle se dispose, autour des entablements cuirassés, en aréole où on peut distinguer deux secteurs successifs :

- un court versant à éboulis de cuirasse raviné, les ravines mordant dans les schistes altérés.
- plus bas un pédiment colluvial, formé par divergence des ravines, à perte plus faible, et formant l'essentiel de l'unité. La surface en est dénudée, en dehors de touffes de *Boscia Senegalensis*, de plages à *Cenchrus biflorus* et *Schoenefeldia gracilis*, parcourue de chenaux d'écoulement peu incisés, mordue çà et là par une érosion en nappe secondaire. Le sol, de quelques décimètres, y est variablement rubéfié, généralement sablo-argileux, à structure polyédrique. On peut l'interpréter comme intergrade vers les Subarides Brun Rouge.

	schistes altérés-GA 6I	matériau mixte(0-10cm)GA-62
argile %	23	26,5
limons fins	<u>62,5</u>	10,5
sables fins	12,4	<u>39,2</u>
sables grossiers	3,6	20,7
Matière organique %		0,34
Azote ‰		0,36
C/N		5,6
Ca échangeable	1,42	6,0
Mg "	1,27	3,76
K "	0,14	0,09
Na "	0,08	0,10
Somme "	3,85	9,78
Saturation %	75	100
pH	5,6	6,2
Phosphore total ‰	0,97	0,28

.../...

La "pollution" par les sables éoliens des matériaux issus des schistes est vérifiable dans le tableau ci-dessus.

Ces propriétés sont celles de terres à sorgho et mil, mais leur utilisation est gênée par l'irrégularité de l'humectation de ces sols, qui dépend des caprices du ruissellement superficiel.

IIB-2 LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT MAL DRAINES.

B2-I Les Sols Peu Evolués d'Apport Mal Drainés sur colluvions argilo-sableuses issues des schistes de la formation d'Ydouban.
Chaîne à sols à taches de profondeur (cf. Nig.Occ., t.2, pp.151-157).

2I-I Cadre général d'évolution

Cette unité se localise à la base des glacis à Sols Squelettiques sur schistes de la formation d'Ydouban décrits ci-dessus (IA2-3). Là des pentes très faibles (0,2 %) y favorisent le dépôt de produits de ruissellement très fins. Le colmatage, d'abord pelliculaire et discontinu, peut dépasser le mètre dans les thalwegs; mais la largeur réduite de ces derniers (50m) témoigne d'un transit colluvial très faible dans l'ensemble. L'aspect est celui de plaines arbustives ou dénudées, à surface blafarde, encroûtée. L'imperméabilité du substrat et du matériau vaut aux sols de manifester très tôt de l'hydromorphie.

La pluviométrie est de 400-425 mm. La végétation est de type Sahélien, floristiquement très pauvre, et de faible développement. Sur les glacis croit une formation arbustive contractée, sorte de "brousse tigrée" irrégulière, à Acacia flava, Dichostrachys glomerata, Commiphora Africana, Guiera Senegalensis, Combretum micranthum, Acacia macrostachya, Combretum aculeatum, rarement Acacia Senegal et Balanites Aegyptiaca. Dans les thalwegs ce sont des fourrés à Combretum micranthum et Acacia macrostachya, ou des bois armés à Acacia flava, Seyal, parfois pubescens. De rares Anogeissus leiolepis longent les lits mineurs. Le tapis herbacé est très réduit. En bordure du Beli, où cette unité tend à former une frange continue, des Bauhinia reticulata et rufescens, un tapis herbacé vivace, assez haut (1,2m), et fermé, longent la zone d'inondation temporaire à Vetivers.

Cette unité est déserte et à peu près inculte, sauf à proximité immédiate des mares du Beli où quelques champs de mil très mal venu, quelques campements de pasteurs, dénudent cette maigre brousse.

2I-2 Répartition des sols

Aux Regosols et Sols Regiques des interfluves, précédemment étudiés, succèdent en bas de pente des placages gris clair ou blancs, légèrement marqués par l'hydromorphie; ce sont les Sols d'Apport Hydromorphes, caractéristiques de l'unité. Les remblais des dépressions, de même nature, portent des sols voisins, mais plus épais, et parfois, dans certains thalwegs privilégiés, de véritables Sols à Pseudogley à taches. Ces derniers forment aussi une frange continue en bordure Nord de la Zone d'inondation du Beli, où leur morphologie imite souvent celle de Sol Ferrugineux Lessivé à taches. Ils passent alors vers l'aval à des Sols Vertiques.

.../...

2I-3 Etude morphologique

2I3-I Sols d'Apport Hydromorphe.

Type : NL 89 Site : bas de glaci

Surface : épandage de blocs de quartz et de cuirasse. A la fois décapée et à croûte pluviale limoneuse; brun jaune.

0- 7cm : IOYR 6/4,5, brun clair à marbrures rouges diffuses; argilo-limoneux; sous une croûte compacte de 2mm, prismatique (ϕ 4-5cm) en assemblage compact, avec débit horizontal lamellaire (1cm), sous structure polyédrique (1cm); cohésion forte; faible porosité tubulaire et semi-tubulaire.

Contraste faible, transition sur 2 cm.

7-23cm : IOYR 5,5/5, brun jaunâtre; des mouchetures noires; argilo-limoneux; prismatique (4-5cm), sous structure polyédrique (1-2cm); cohésion excessive, plus compact.

Contraste fort; transition linéaire.

23-40cm : plaquettes (1-2cm) de schistes, à centre noir et périphérie ocre (auto-concrétionnement); emballage très peu abondant argilo-limoneux finement polyédrique; poreux.

40...cm : Schistes gris clair sériciteux.

Dans les thalwegs ces sols peuvent dépasser le mètre sans présenter une différenciation plus poussée; ils conservent l'absence de division en horizons bien nets, la compacité, le litage faiblement perceptible, les mouchetures discrètes, la teinte claire de ce matériau.

2I3-2 Sols à Pseudogley

Type : GA 70 KABIA Site : thalweg.

Lat : 14° 53' N.

Long: 0° 14' 30" E.

Surface:blafarde.

0- 20cm : ICYR 7/I, blanchâtre, très finement moucheté d'ocre (ϕ 0,25mm); argilo-limoneux; prismatique (ϕ 18cm) à débit plan vertical et horizontal aisé; cohésion forte; porosité tubulaire (ϕ 0,25mm) médiocrement développée.

20- 55cm : IOYR 6/4, beige ocre, discrètement marbré; moins limoneux; polyédrique (3cm) en assemblage compact; cohésion moyenne; un peu plus poreux.

55- 72cm : 7,5YR 5,5/4, ocre, marbré; structure polyédrique fine (5mm) presque motteuse; cohésion excessive; agrégats très compacts.

72-100cm : schistes jaunes à taches noires, à sommet remanié sur 5cm et coiffé de débris de quartz (1cm); nombreux remplissages argileux; ocres, polyédriques.

.../...

Enracinement : assez dense jusqu'à 60 cm

Type des bordures du Beli : GA 66 KABIA Site : frange arbustive
 Lat : 14° 54' N. longoant la zone d'inon-
 Long : 0° 14' 30" E. dation temporaire.

Surface : grosses termitières.

- 0- 8cm : 10YR 7/2, gris clair, à taches jaune clair; sablo-limoneux; débit polyédrique; cohésion moyenne; porosité tubulaire médiocre.
- 8- 18cm : 10YR 6/3, gris clair, à nombreuses marbres brun jaune; sablo-limoneux; polyédrique (3cm) en assemblage compact; cohésion moyenne; plus poreux.
- 18- 60cm : 7,5YR 5,5/4; brun ocre, à pores décolorés; finement sablo-argileux; polyédrique (3cm) en assemblage encore plus compact; cohésion moyenne à forte; porosité réduite, plus grossière.
- 60- 65cm : niveau détritique à débris de quartz, schistes, et à concrétions noires (\emptyset 2cm).
- 65-100cm : 7,5YR 6/6, brun ocre vif, marbré de brun jaune; un peu plus argileux; polyédrique avec sous structure polyédrique fine (3mm); assez dur.

Enracinement : nombreuses radicelles (\emptyset 3mm) jusqu'à la base.

On notera que ce n'est qu'en bordure de la zone d'inondation du Beli que les deux horizons du pseudogley de surface (GA 66, 0-18cm: pores colorés, 18-60cm : pores décolorés) se différencient nettement. La compacité, les teintes très claires en surface, sont caractéristiques de ce matériau.

Type des bordures du Beli, à taches rouges de profondeur : GA 77 KABIA

Lat : 14° 53' 0" N. Site : bord de la zone d'inondation
 Long : 0° 15' 50" E.

- 0- 10cm : 10YR 6,5/2, gris clair à mouchetures jaunes; sableux; massif, légèrement feuilleté; cohésion moyenne; enracinement dense.
- 10- 30cm : 7,5YR 5/5, brun ocre marbré de brun jaune; des mouchetures noires; sablo-argileux; massif, débit anguleux; cohésion forte très dur et compact; des racines verticales.
- 30- 70cm : 7,5YR 5/6, brun ocre plus vif marbré de jaune; nombreuses taches rouges (5YR 4/6), anguleuses; argileux; finement polyédrique, à facettes assez lisses; nombreux grains de quartz.

Un profil voisin (GA 76) montre l'horizon à taches rouges reposant vers -100 cm sur une nappe de galets de quartz.

Dans ces sols l'apparition de taches rouges, une structure finement polyédrique (5mm), une texture argileuse à ce niveau vont toujours de pair. L'augmentation du taux d'argile vers la base est fréquente (4 cas sur 6), ce qui leur donne une similitude morphologique avec les ferrugineux lessivés, accentuée par la décoloration superficielle. Il est possible que cette variation texturale soit héritée du mode d'apport : dans un cas l'horizon de surface
 .../...

était nettement rapporté, dans un autre l'horizon à taches rouges était séparé du reste du profil par un cailloutis. De plus la texture peut rester constante (un cas). Dans la même situation topographique nous avons observé un sol (GA 86) dont l'horizon à taches rouges était remplacé par un horizon entièrement rouge (5YR 4/5), argileux, polyédrique.

2I-4 Etude analytique (cf. tableau).

A une exception près la texture des horizons de profondeur est argilo-sableuse à argileuse (25 à 47 % d'argile). Celle des horizons de surface est très variable, fréquemment sablo-limoneuse (25 à 32 % de limon), sableuse dans un cas (limon 10 %), argilo-limoneuse dans un autre (55 % de limon pour 32 % d'argile). Il n'en est que plus curieux de constater que le rapport des sables fins (dominants) aux sables grossiers est fort peu variable : $S_f/S_g = 2,6$ à $3,3$ pour 10 échantillons, car cela indique qu'on passe de la texture des horizons de surface à celle des horizons de profondeur par remplacement du limon par de l'argile.

Les taux de matière organique sont relativement élevés pour la latitude (dans ce milieu climatique les sols bien drainés de cette texture ont habituellement 0,3-0,4 % de matière organique), et cela grâce à l'engorgement temporaire favorisé par la basse perméabilité. Les C/N sont bas, comme il est habituel.

Les taux de bases ne sont pas très élevés à cause de la médiocre capacité d'échange spécifique de l'argile : 27-28 méq/100g dans 4 cas, 22 méq dans un cas. Mais ils restent convenables et ne peuvent rendre compte, non plus que leur équilibre, du type habituel décroissant Ca, Mg, K, Na, de la stérilité apparente de ces sols.

Les pH sont beaucoup plus bas que ne le laisseraient supposer les coefficients de saturation, mais restent acceptables.

Les propriétés physiques, à l'exception des réserves en eau, sont désastreuses; ces sols sont asphyxiants, instables, imperméables.

2I-5 Conclusions

Seules les propriétés physiques peuvent expliquer la spécialisation et le médiocre développement de la végétation naturelle, prémisses d'une basse fertilité. En effet l'équilibre pH-Azote est moyen en culture sèche, bon en riziculture, et l'équilibre azote-phosphore (0,5 %) moyen. Les bases sont d'autre part bien équilibrées, avec des taux de potassium moins faibles qu'il n'est habituel au Niger.

Les taux élevés de sables fins et de limons, non compensés par une matière organique suffisamment abondante, sont sans doute à l'origine des défauts structuraux, qui de ce fait ne sont pas pratiquement correctibles. Aussi devra-t-on se contenter, dans un premier temps, de cultures rustiques, comme le sorgho.

.../...

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A PSEUDOGLEY, A TACHES,
SUR COLLUVIONS ARGILO-SABLEUSES ISSUES DE SCHISTES (YDOUBAN).

	Sols à Pseudogley		Sols à taches rouges de profondeur.		
	(2 éch.)		(3 éch.)		
ARGILE % S. (I)	I9	32	10	26	18
P (2)	I7	25	42	34	47
MATIERE ORGANIQUE %	S 1,5	2,2	0,9	1,3	0,8
	P 0,4	0,3	0,25	0,5	0,3
AZOTE %	S 1,0	1,7	0,66	0,82	0,6
C/N	S 8,7	7,5	8,1	9,4	7,7
CAPACITE D'ECHANGE (T)	S 7	7,9	4,4	8,8	4,5
méq / 100g.	P x	5,7	11,4	9,5	12,8
SOMME DES BASES ECHANGEABLES (S).	S 5,9	6,3	2,5	6,5	4,6
méq/100g.	P 4,3	4,9	11,2	9,5	12,7
CALCIUM ECHANGEABLE	S 3,7	3,7	1,4	3,5	2,7
méq / 100g.	P 2,4	2,5	6,7	5,7	9,1
MAGNESIUM ECHANGEABLE	S 1,8	2,1	0,7	2,4	1,4
	P 1,5	2,1	3,6	3,2	3,0
POTASSIUM ECHANGEABLE	S 0,26	0,44	0,29	0,58	0,44
	P 0,17	0,19	0,88	0,43	0,48
SODIUM ECHANGEABLE	S 0,1	0,12	0,07	0,06	0,07
	P 0,1	0,12	0,07	0,05	0,07
SATURATION % (S/T)	S 84	80	56	73	100
	P x	85	100	88	100
POROSITE TOTALE % en volume	S 39	40	x	39	38
POROSITE POUR L'AIR A PF 3. % volume	S 9	0	x	7,5	12
HUMIDITE EQUIVALENTE % poids. (pf 3).	S 18,8	25	9	20	15,7
EAU UTILISABLE. % poids	S 11,9	13,9	4,9	12	9,3
PERMEABILITE cm/h	S 0,2	0,5	0,2	0,1	0,05
INSTABILITE (IS)	S 4,6	4,6	2,4	6,1	7
PH	S 5	5	4,7	4,9	5
	P 5,2	5,1	6,1	5,9	6,4

Notes : S. (I) = de 0 à 10 cm

P. (2) = de 30 à 40 cm dans les sols à pseudogley; dans l'horizon à taches rouges pour les sols le possédant (45-75cm).

.../...

B2-2 Les Sols Peu Evolués d'Apport Mal Drainés sur colluvions argilo-sableuses issues de schistes (Birrimien). Association à Sols Minéraux Bruts. (Cf. Nig. Occ., t.2, IIC 625 pp.90-91 et IIC 631 pp 92-93).

A l'Est de FATATAKO on a cartographié, sur Birrimien, une dizaine de kilomètres carrés de bas glacis non concrétionnés (M3-2) à sols minces, blafards, fortement décapés, couverts d'une végétation arbustive rabougrie et contractée. Le substrat, affleurant localement, est formé de schistes non métamorphiques, de teintes claires, tendres, à toucher onctueux et limoneux, dont les constituants minéralogiques, quartz, sericite, kaolinite, sont les mêmes que ceux des schistes de la formation d'Ydouban, ce qui explique la parenté entre les paysages et les sols formés sur ces deux unités géologiques.

Le type local de ces sols est donné par GA 22 FATATAKO :

Lat : 14° 29' 50" N. Site : bas glacis; pente 1,5 %
Long : 0° 19' 50" E.

Végétation : dénudé; quelques Seyals, *Boscia Senegalensis*.

Aspect superficiel : paraît raboté par un ruissellement intense; succession de plages isohypses, larges de 30-40 m, décapée et à fort encroûtement pluvial, mordue en aval sur 10 cm d'épaisseur par érosion en nappe ravissante, et de plages légèrement gravillonnaires, portant des nebkas très aplaties à *Cenchrus*.

- 0 - 3 cm : 10 YR 6/3; croûte gris clair et lisse coiffant un horizon brun à fines stries ocres horizontales; sablo-limoneux; massif, débit horizontal aisé; quelques joints ocres; cohésion forte; quelques pores tubulaires.
- 3 - 18 cm : 10 YR 5/3, brun clair marbré d'ocre; sablo-limoneux; massif, débit polyédrique; cohésion excessive; faible porosité vermiculée; très dur.
- 18 - 43 cm : 5 YR 4/4, ocre rougeâtre à pores à enduits brun clair (10 YR 5/3); argilo-sableux à sablo-limoneux; polyédrique en assemblage compact; cohésion moyenne à forte; même type de porosité, mais grossière (ϕ 0,7 mm).

Le profil est peu différencié, très compact, légèrement marqué par l'hydromorphie en surface. Or de la zone cartographiée au 100.000è, nous avons décrit des sols à horizon humifère plus net, moins tachés, d'épaisseur comparable (42 cm), le contact avec les schistes pouvant être une surface de ravinement.

Les propriétés analytiques sont proches de celles des sols sur schistes d'Ydouban :

Textures : argilo-limoneuses, sablo-limoneuses; la richesse en limon est donc caractéristique des schistes tendres.

Matière Organique : 0,7 % (C/N 9) dans le type, mais 2 % dans les sols à horizon humifère bien marqué (C/N 10); partout taux réduits à 0,5 % à 30 cm; taux d'azote respectifs : 0,4 et 1,2 %.

Phosphore : autour de 0,4 ‰° équilibre azote-phosphore moyen à médiocre.

Bases, pH : pH bas en désaccord avec des taux de saturation élevés.

	Surface	Profondeur
pH	5-5,7	5,8-6,2
Saturation %	83-100	96-100

6 à 12 méq de bases échangeables selon la texture; équilibre des cations normal, à une légère déficience de K près :

Ca = 50-75 % Mg = 32-41 % Na+K = 1-5 % taux de K : 0,06-0,2 méq/100g.

La capacité d'échange spécifique de l'argile granulométrique est de 40 méq/100g environ.

Propriétés physiques : sols à bonnes réserves hydriques, mais imperméables, instables, asphyxiants :

	Surface	Profondeur
Porosité totale, % volume	37	30
Porosité pour l'air à Pf 3% vol.	15	0
Humidité équivalente % poids	13	16
Eau utilisable % poids	6,8	8,9
Instabilité structurale (IS)	4,2	3,6
Perméabilité (cm/h)	0,6	0,5

C'est vraisemblablement l'imperméabilité de ces sols qui entretient le ruissellement, l'érosion, empêche la recolonisation par la végétation. Leur faible épaisseur y rend aléatoire toute culture (réserves utilisables de l'ordre de 60 mm d'eau pour 40 cm d'épaisseur). Les propriétés chimiques ne sont pas suffisamment bonnes pour compenser ce défaut et justifier un aménagement. A la rigueur du sorgho serait possible, soit sur le trajet des nappes de ruissellement, soit derrière de petites levées isohypses.

B2-3 Complexe des deux unités précédentes

En rive Nord du Beli puis du Gorouol, tout au long du contact Birrimien - formation d'Ydouban, la position topographique dominante de cette dernière vaut à ses produits de ruissellement d'envahir les bas glacis non concrétionnés Birrimiens. Les sols complexes ainsi formés ne sont pas plus utilisables que ceux des deux unités précédentes.

III. LES SOLS STEPPIQUES

III.- LES SOLS STEPPIQUES

(Sols Subarides Tropicaux, cf. Nig. Occ., t.2., pp. I71-I72)

III-A.- LES SOLS BRUNS SUBARIDES.

(cf. Nig. Occ., t.2., p. I72 et I73-I74)

"On nomme 'sol brun' tout profil caractérisé par son homogénéité, sa teinte foncée et l'absence d'horizons à gley ou pseudogley ... Ce sont des sols de transition entre les sols bien drainés, à B de couleur, et les Sols Hydromorphes, les Vertisols, les Sols Calcimorphes, les Sols Halomorphes ... Ils existent aussi bien dans la zone à Sols Ferrugineux que dans la zone à Sols Subarides, cette dernière définie par l'extension des Sols Brun Rouge à tous les sites normalement drainés. Comme ils y sont plus fréquents, il est cartographiquement commode de les ranger dans la Sous Classe des Sols Subarides Tropicaux."

IIIA-I. LES SOLS BRUNS SUBARIDES A DRAINAGE REDUIT.

AI-I. Les Sols Bruns Subarides à Drainage Réduit sur sables quartzeux très pauvres en argile et limon.

II-I Cadre Général d'Evolution

Ces sols, toujours très sableux, s'observent en général dans les dépressions des modelés dunaires ou dans des vallées sèches. Au Gorouol on en rencontre assez régulièrement dans le profond sillon qui longe les ergs 'jeunes' (= à sols peu différenciés) sur leur front Nord, le plus pentu. Ces bandes étroites de sols bruns sont incartographiables, sauf au Sud de GAYA, où la largeur en atteint 500 à 1.500 m, entre un elb 'récent' au Sud, qui surplombe de 18 m, et un petit bourrelet éolien au Nord, lui même dominant les alluvions du Gorouol de 13 m. Il en résulte une sorte de banquette, fort plane. A BOSSE BANGOU il semble que cette dernière ait été jadis reprise par le vent, car elle y est remplacée par un ensemble de petites dunes à sols bruns très clairs, identiques aux sols du bourrelet précité de Gaya.

Leur position topographique, certains traits morphologiques, leur passage graduel aux sols bien drainés (= à B de couleur), indiquent qu'ils sont dus à un drainage interne 'ralenti'; certains pourraient même être d'anciens Sols Hydromorphes, comme ceux des anciens axes d'écoulement intra dunaires au Sud de FANFARA (non cartographiés).

La végétation ne s'y distingue que par des détails locaux de celle des sites élevés : plus d'arbustes, davantage d'espèces annuelles dans le tapis graminéen, parfois concentration d'une espèce (*Bauhinia reticulata*, *Ipomea* sp.). Elle est formée d'une savane plus ou moins lâchement arbustive à Combretum glutinosum, Balanites Aegyptiaca, Commiphora Africana, Terminalia Avicennoides, sous strate à Guiera Senegalensis, tapis herbacé à Cenchrus biflorus et ciliaris, Pennisetum sp., Chrozophora Brocchiana.

Ce sont des terres à mil recherchées.

II-2 Etude morphologique

Type cartographié : GB 75 GAYA Site : dépression plane.
 Lat : 14° 43' 30" N.
 Long : 0° 40' 20" E.
 Cote : 235

Vieille jachère très dégradée; tapis à Cenchrus, quelques
 Combretum glutinosum et Balanites Aegyptiaca.

- 0 - 18 : IOYR 5/2,5, brun grisâtre; sableux; massif, débit légèrement mamelonné, cohésion moyenne.
 18- 53 : 7,5YR 4/4, brun ocre; sableux; débit plus irrégulier, cohésion moyenne, porosité finement semi-tubulaire, médiocre.
 53- 80 : horizon de transition légèrement durci.
 80-180 : IOYR 5/2 brun grisâtre non homogène : gris clair diffusément marbré de brun; des raies brunes; massif, débit légèrement mamelonné; cohésion forte; dur.

Type des couloirs interdunaires non cartographiés : GA 23 DOLBEL

Lat : 14° 36' 30" N. Site : couloir interdunaire; légèrement
 Long : 0° 16' 10" E. ondulé.

Cultures de pénicillaire de venue moyenne (écartement 1,2m; hauteur 2m).

- 0 - 7cm : IOYR, 5,5/3 (plus clair) brun pâle, avec une très fine croûte grise au sommet; sableux; structure motteuse nuciforme, localement feuilletée; cohésion moyenne .
 7 - 25cm : IOYR 5,5/3, brun clair; sableux; massif, débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne; porosité semi tubulaire peu développée et très fine;
 25- 52cm : 7,5YR 5/5, brun à brun ocre; massif, débit très régulier; cohésion moyenne; plus dur, surtout au sommet; porosité réduite.
 52-II5cm : 7,5YR 5/5, brun ocre; toujours sableux; mêmes débit, cohésion, dureté, mais porosité seulement de type intersticiel; des raies peu visibles.
 II5-I50cm: horizon de transition
 I50-I90cm: IOYR 7,5/2, blanc; des raies brun ocres (7,5YR 5/5, cf. 52-II5 cm) épaisses de 1 cm, espacées de 10cm environ, à limites diffuses; sableux; débit très régulier; cohésion moyenne; moins dur.

Enracinement : 0-25cm : chevelu abondant.

25-73cm : radicelles verticales (ϕ 2mm)

40-55cm : niveau de développement maximum des racines d'arbres, subhorizontales (ϕ 5cm).

Divers I40-I60cm : zone à nids de termites.

Interprétation : 0-7 cm : horizon cultural

0-25cm : horizon humifère.

52-II5cm : B de couleur, foncé.

.../...

Nous résumons ci-dessous les propriétés morphologiques de ces sols et les interprétations qu'on peut en faire :

1°- Caractères communs à tous les 'bruns à drainage réduit': un horizon humifère gris à brun (10YR 5-5,5 / 2,5-3,5) et un B de couleur foncé brun à brun ocre (7,5YR 4-5 / 4-5), ayant leurs homologues dans les sols bien drainés rubéfiés (horizon humifère brun jaune, brun rose, 7,5YR et B de couleur jaune rouge ou rouge 7,5YR ou 5YR), ex :

	Horizon Humifère		B de couleur	
	épaisseur	couleur	cotes	couleur
<u>Chaîne GB 75-76</u>				
B 75 (brun)	I8	10YR 5/2,5	I8-53	7,5YR 4/4
B 76 (rubéfié)	27	7YR 5/5	27-95	5YR 4/8
<u>Chaîne GA 23-24</u>				
A 23 (brun)	25	10YR 5,5/3	52-II 5	7,5YR 5/5
A 24 (rubéfié)	II	7,5YR 5/6	24-I40	5YR 5/6
<u>Chaîne GB I8-I9</u>				
B I9 (brun)	I5	10 YR 5/3,5	I5-72	7,5YR 4/4
B I8 (rubéfié)	I5	7,5YR 4/4	30-67	7,5YR 5/6

2°- Caractères fréquents (de Séries) :

base du profil très décolorés, à raies (=accumulation d'argile et fer) de teinte et texture comparables à celles du B de couleur sus-jacent. Ce type de raies, que nous avons noté dans tout nos profils du Gorouol, accompagne souvent mais non obligatoirement les sols bruns à drainage réduit. Quelques observations laissent supposer qu'elles se formeraient en milieu sableux quelques mètres au dessus du toit d'une nappe phréatique.

3°- Caractères de la famille :

les sables ont la texture des ergs 'jeunes', pauvres en argile et limon, aussi les structures sont elles peu différenciées (au plus débit légèrement mamelonné) et la description des profils se ramène-t-elle à celle des couleurs et de la porosité.

4°- Caractères occasionnels (types) :

citons : durcissement de la base du profil, teinte plus grise que blanche de cette dernière (B 75), variations d'épaisseur.

5°- distinction d'avec les sols rubéfiés :

le passage des bruns aux rubéfiés étant graduel, il n'est pas possible de tracer entr'eux sur le terrain une limite nette, reproductible; aussi avons nous choisi comme limite cartographique le pied de dune.

.../...

II-3 Etude analytique

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUNS A DRAINAGE REDUIT

	à 5cm	à 20cm	à 50cm	à 100cm	à 150cm
Matière organique%	0,38-0,4	0,32-0,35	0,17-0,24	0,12-0,14	0,05-0,12
C/N	0,8-12,2	8,4-11,2	8,1-9,4		
		Horizon humi- fère 0-10cm	B de couleur (brun ocre) vers 60 cm		Base décolo- rée vers 150cm
Argile + limon %	4,2-8		7-9,0		2,7-3,2
Bases (méq/100g)					
Ca		1-2,0	1,5-2,7		0,4-0,55
Mg		0,63-0,93	0,65-0,45		0,44-0-0,45
K		0,12-0,06	0,08-0,02		0,04-0,02
Na		0,05	0,05-0,04		0,03-0,04
Somme (S)		1,8-3,1	2,2-3,2		0,9-1,1
Capacité d'échange(T)	2,0-3,4		2,3-3,4		0,9-1,1
Saturation % (S/T)	90-89		97-96		99,98
pH	6,5-5,8		7-6,2		7,9-5,7
Humidité équivalente%		2,9			
Eau utilisable %		1,4			
Instabilité (IS)		0,9			
Perméabilité cm/h		1,9			
Azote ‰	0,18-0,26				
Phosphore ‰	0,28-0,04				

Texture : très peu d'argile et limon (= moins de 10%), caractéristique des sables d'erg 'jeune', avec légère concentration dans le B de couleur, caractère commun des sols sableux. La fraction sableuse (91 à 97%) renferme environ deux fois plus de sables fins (moins de 0,02mm) que de sables grossiers.

Matière organique : taux faibles, décroissant régulièrement vers la base, jusqu'à environ 40 cm, puis ne diminuant plus que légèrement. C/N également peu élevés. Caractères normaux des sols Sahéliens (= subarides).

Bases : taux médiocre, à cause de la texture, et suivant les variations de cette dernière; équilibre des cations normal, à dominance calcique;

pH, Saturation : profils saturés, à pH neutre à modérément acide.

Propriétés physiques : ces sols renferment peu d'agrégats (5% environ) mais leur texture sableuse leur confère une stabilité structurale moyenne. Les réserves en eau sont faibles, au plus 43mm/m dont 21mm/m d'utilisables.

Equilibres de fertilité : équilibre azote-pH très bas à médiocre, équilibre azote-phosphore montrant une carence occasionnelle en ce dernier élément.

.../...

II-4 Conclusions

La texture, responsable de faibles valeurs des taux de bases et des réserves en eau, fait de ces sols, théoriquement, de très médiocres terres à mil. Comme leur taux de matière organique ne sont guère plus élevés que ceux des sols rubéfiés, il est vraisemblable que c'est leur site qui, améliorant l'approvisionnement en eau, rend leur culture possible.

IIIA-2. LES SOLS BRUNS A DRAINAGE REDUIT TIRSIFIÉS.

(cf. Nig. Occ., t.2, pp.61 à 63 et pp. 173-174).

"Les Sols Bruns Tirsifiés (ou Tirsiformes) sont des profils bruns formant le passage, en milieu subaride, entre les Sols Régiques Rubéfiés et les Vertisols. Ce passage est, le plus souvent, le fait d'une position topographique intermédiaire, parfois encore d'une texture insuffisamment argileuse. Ils se distinguent des sols rubéfiés par leur couleur, des Vertisols par l'absence d'horizon à structure en coin nette. Ils ont une teinte foncée, une structure fragmentaire cubique, moyenne, en surface ou près de la surface, devenant prismatique en profondeur, et admettant souvent un faible développement de faces lissées obliques; dans ce dernier cas il est commode de parler de sol brun vertique. Ils ne sont pas alcalisés. Bien développés dans certains flats alluviaux, les sols bruns tirsifiés (et/ou vertiques) sont moins épais, plus ou moins polyphasés, avec des structures superficielles laminaires, sur les glacis. On peut alors les classer comme Régiques à faciés Brun Tirsifié".

Dans la partie Sahélienne du Niger Occidental, et dans le bassin du Gorouol en particulier, Sols Régiques Rubéfiés et Tirsifiés forment, sur les glacis peu pentus, non concrétionnés (M3-2), établis sur roches vertes Birrimiennes, une toposéquence dont les derniers occupent les points bas. Les sols les mieux développés, les sols bruns tirsifiés proprement dits, s'observent dans des dépôts colmatant un réseau hydrographique désorganisé par les invasions dunaires anciennes (cf. amont de FATATAKO, sur le Gorouol), ou l'alluvionnement plus rapide des grandes vallées (cf. Est de YATAKALA, en rive Sud du Gorouol-Beli).

A2-I Les Séries à nodules calcaires

2I-I Cadre général d'évolution

Elles occupent des aires planes et basses colmatées par les produits de ruissellement des glacis, soit en amont d'un bouchon sableux (levée ancienne du Gorouol, Est de Yatakala), soit au contact des grandes plaines alluviales (Ouest de Yatakala, carte au 100 000). La pente y est très faible, le ruissellement superficiel, diffus, moins érosif que sur les glacis : la surface de ces sols, brune ou brun jaune, est en effet encroûtée mais moins mordue par les nappes ravinantes, plus rarement couverte de débris ruisselés. L'engorgement temporaire de surface y est au contraire plus prolongé (il se manifeste dès la première tornade) et se traduit par des déformations superficielles :

-effondrements de prismes, donnant des trous de quelques décimètres de diamètre, à la périphérie des bandes de végétation

-dépressions organisées en chenaux anastomosés, au contact des lits majeurs.

.../...

La végétation, en bandes isohypses sur les glaciers, y est plus diffuse dans sa répartition, plus dense, plus vigoureuse, plus spécialisée. Elle est formée essentiellement de bois armés à Seyals, parfois purs, parfois enrichis de quelques Balanites Aegyptiaca, Bauhinia rufescens, Zizyphus mauritiaca; le tapis herbacé, ras et annuel, est typiquement à Schoenefeldia gracilis, parfois à Eragrostis.

Nous n'y avons pas observé de cultures, ni de jachères récentes, les arbres en étant âgés.

21-2 Etude Morphologique

Type : GB 27 BOUNDIERE

Lat : 14° 47' 30" N.

Long : 0° 27' E.

Surface : très brune, unie.

- 0 - 3 cm : placage sablo-argileux brun jaunâtre très compact
- 3 - 15 cm : 10 YR 4/3, brun; argilo-sableux; structure cubique (2-3 cm) à faces horizontales parfois lisses; quelques fissures emplies d'agrégats polyédriques de 1 cm; cohésion très forte; porosité fine et forte.
- 15 - 45 cm : Brun plus foncé; argilo-sableux; nombreux grains (1 mm) calcaires; structure cubique à polyédrique (1-5 cm); nette tendance prismatique (10 x 20 cm) à la base de l'horizon; cohésion forte; plus poreux.
- 45 - 117 cm : 10 YR 3/2, brun très foncé; argilo-sableux; très riche en petits nodules calcaires; légèrement fissuré; faces de glissement petites (2 cm), très nombreuses, en assemblage excessivement compact; cohésion et durété excessives.
- 117 - 130 cm : Brun très foncé à plages brun jaune; argilo-sableux; amas calcaires (2 cm); petites concrétions noires; des petits quartz détritiques; structure polyédrique en assemblage compact. Très compact et cohérent.

Un peu plus en amont le profil GB 29, voisin, montre, à - 100 cm, un niveau gravillonnaire à emballage argileux.

De par sa structure le profil est verticale (45-117 cm), caractère propre à la série. Les nodules calcaires et les petites concrétions noires (fer, manganèse), sont également fréquentes, quoique non spécifiques, dans les sols verticaux. L'assombrissement de la teinte en profondeur (= réduction du drainage interne), la succession structurale: cubique-cubique (prismatique) - verticale et polyédrique en assemblage compact, est classique. Les nuances entre profils (= types), tiennent à des variations de teinte (souvent brun jaune en surface: 10 YR 5/3,5), au développement relatif des diverses structures. Il existe de plus des sols intermédiaires entre les bruns tirsifiés et :

- les vertisols, par augmentation simultanée du taux d'argile et de la durée d'engorgement; la structure devient prismatique en surface, en coin en profondeur;

- les sols bruns à drainage réduit, par enrichissement en sables (le plus souvent sables éoliens ruisselés); le profil est alors très massif, compact, noirâtre.

- les sols regiques rubéfiés de glaci; le profil est plus mince, polyphasé, avec en surface un dépôt feuilleté plus sableux rubéfié,

21-3 Etude Analytique (cf. tableau).

Les textures sont argilo-sableuses, pauvres en limons, avec 45 à 55 % de sables dont les 3/4 de sables fins.

Les taux de matière organique, et les C/N, sont bas (sols sahé-liens.)

Les profils sont saturés, modérément acides en surface, neutres à légèrement alcalins en profondeur, dans les horizons à nodules calcaires (pH 7,9 pour 1,7 % de calcaire sous forme d'amas). En profondeur il y a deux fois plus de Ca que de Mg. Les taux de Na sont négligeables.

Ces sols ont de bonnes réserves en eau (250 à 280 mm/m, dont 110 à 130 mm/m d'utilisables). Ils sont peu poreux, asphyxiants en profondeur, peu perméables et à médiocre stabilité structurale.

L'équilibre (selon Dabin) Azote-pH est moyen, parfois bon; l'équilibre azote-phosphore est médiocre, ce dernier insuffisant.

21-4 Conclusions

Ces terres conviendraient très bien au sorgho de décrue, culture que l'absence d'aménagement et, probablement, de tradition locale, rend actuellement impossible. Le blé et le coton irrigués y sont moins indiqués, le premier à cause de l'insuffisance des taux d'azote, le second à cause des mauvaises propriétés physiques.

21-5 Association à Sols Subarides Brun Rouge

(feuille au 100.000è)

Le contact entre les glaci non concrétionnés Birrimiens et les massifs dunaires se fait, surtout sur le front Nord de ces derniers, par des surfaces partiellement et faiblement ensablées, la couverture sableuse résultant soit d'un ancien voile éolien discontinu, soit d'apports ruisselés. Il en résulte une mosaïque complexe de sols formée par :

- l'ensemble des sols de glaci, Regiques Rubéfiés et Tirsifiés, Bruns Tirsifiés
- des sols de voile éolien, structurellement évolués, à Faciès de transition Brun Rouge à Ferrugineux, à concrétions, base jaune ou durcie.
- des sols sur matériaux mixtes, dont des Sols Bruns à Drainage réduit très compacts.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUNS TIRSIFIES.
SERIES A NODULES CALCAIRES ET SERIES A PSEUDOGLEY

	En surface (5-10 cm)	En profondeur (35-65 cm)
Matière Organique ‰	0,6-0,67-0,86	0,33-0,48
Azote ‰	0,37-0,50-0,65	
C/N	6-8,3-10	
Argile ‰ (A)	26-38	33-40
Limon ‰		6 - 17 ‰
Phosphore ‰	0,20-0,50-0,58	
BASES, pH. Séries à nodules		
Ca échangeable, méq/100 g	6,5-15	11-24,3
Mg " "	5,1-7,8	6,4-12
K " "	0,7-0,4	0,24-0,09
Na " "	0,09-0,23	0,11-0,18
Somme (S) " "	12,5-23,3	17,6-36,5
Capacité d'échange (T)	12,4-18,9	16,6-26,2
Saturation (S/T ‰)	plus de 100	plus de 100
pH	5,7-6,3	6,2-7,9
T/A, méq/100 g	48-63,5	50-66
Na/T ‰	moins de 1,2	
Conductivité (I), mmhos	0,037-0,074	0,021-0,110
BASES, pH. Séries à pseudogley		
Ca échangeable, méq/100 g	4,8-6,6	7,1
Mg " "	6,3-5,4	7,3
K " "	0,7-0,4	0,16
Na " "	0,23-0,19	0,74
Somme (S) " "	11,9-12	15,3
Capacité d'échange (T)	12,6-15,1	16,5
Saturation (S/T ‰)	96-79	92
pH	5,1-5,6	6,0
T/A, méq/100 g.	37-40	42-x
Na/T ‰	moins de 1,8	4,5-7,5
Conductivité, mmho	0,03-0,04	0,03-0,12
Porosité totale ‰ volume	29,5-32	24
Porosité air à PF 3	3-8	0
Humidité équivalente ‰ poids	13,8-16,3	13,3
Eau Utilisable ‰ poids	6-7,5	6
Instabilité structurale (IS) ..	2,4-3,2	4,3
Perméabilité (cm/h)	0,8-1,0	1,4

(I) = de l'extrait salin 1/10.

La répartition inégale des divers sols nous aurait théoriquement obligé à classer séparément chacune de ces surfaces, ce qui aurait masqué leur unité physionomique. Nous avons préféré leur donner une légende unique dans chaque carte :

- sur la feuille au 1/100.000è, où ne sont représentées que les zones basses, à sols à drainage réduit dominant, et où une érosion superficielle importante maintient les horizons rubéfiés proches de la surface, c'est une association Brun Tirsifiés-Brun Rouge

- sur la feuille au 50.000è où ces surfaces sont représentées dans leur totalité, c'est une Association de Faciès Ferrugineux, Séries à concrétions, (= voile sableux), et de Sols Subarides de glacis (= glacis Birrimien).

Ces surfaces sont très cultivées autour de Yatakala (mil, gombo), car elles combinent les textures sableuses, support normal des cultures traditionnelles, et les apports d'eau de ruissellement des glacis. Elles sont très érodées (en nappe et en rigoles) et tout l'art de l'agriculteur est dans le choix de son terrain, qui doit échapper à l'engorgement, à l'érosion, aux décharges sableuses, tout en bénéficiant du ruissellement.

A2-2 Les Séries à léger pseudogley, et leurs associations.

22-1 Cadre Général d'évolution

Au Sud de FATATAKO, le long du Gorouol, les pieds des bas glacis Birrimiens non concrétionnés, uniformément remblayés, forment une plaine alluviale unique, dominant de quelques mètres le lit majeur actuel du Gorouol. Large d'au plus 3 km et s'étendant sur 10 km environ en territoire Nigérien, elle montre une topographie irrégulièrement plane formée de quatre éléments :

- des surfaces très planes, brun jaune (10 YR 4/4 ou 5/5), non ou faiblement fissurées, à croûte pluviale finement squameuse, correspondant à des dépôts argilo-sableux à Sols Bruns Tirsifiés.

- des plaines argileuses, brun jaunes ou brunes, profondément et régulièrement fissurées, parcourues de chenaux d'écoulement sinueux peu visibles (l = 1,5 m, h = 60 cm), parsemées de mares temporaires grises et craquelées, correspondant à des dépôts plus argileux, à sols vertiques ou Vertisols peu évolués.

- des levées très basses, parallèles au cours actuel du Gorouol, finement sablo-argileuse, à sols peu évolués, bruns ou légèrement rubéfiés. Ces levées, ainsi que les secteurs des plaines argileuses qui s'y raccordent sont fortement décapées par une érosion en nappe intense, sans doute accélérée par l'homme qui doit y établir presque obligatoirement ses pistes et ses campements.

- des nappes de cailloutis frustes de quartz.

L'ensemble paraît s'être mis en place après oblitération du cours du Gorouol par les barrages dunaires, aujourd'hui recoupés, de Dayaondo et Fatatako, les matériaux étant évidemment issus des glacis Birrimiens.

La végétation est formée de savaneraies à tapis de Schoenefeldia, plus denses et enrichies d'Acacia Nilotica dans les plaines argileuses craquelées, plus claires dans les zones décapées. La végétation des levées est réduite à quelques arbustes le long de la grande piste de Haute-Volta, mais est formée, le long de l'affluent peu accessible de rive droite du Gorouol, d'une savane boisée dense à Seyals, Acacia pubescens, Commiphora sp., Zizyphus, Balanites, Combretum micranthum et aculeatum, dominée par de grands Anogeissus leiocarpus.

Ces plaines et glacis alluviaux sont incultes et déserts, parcourus en saison sèche par quelques troupeaux.

22-2 Etude Morphologique

Type des plaines argilo-sableuses : GA 8 DAYAONDO

Lat : 14° 26' N. Site: bas de glacis; pente très faible; dominé
Long : 0° 13' 40"E. par une levée sableuse basse.

Surface : fine croûte pluviale; brun jaune; nue; rares épandages de débris (2-3 m²).

- 0 - 15 cm : 10 YR 5/5, brun jaune; argilo-sableux; structure cubique (3cm) en assemblage compact, sur-structure prismatique (∅ 20 cm) peu développée; légèrement feuilleté au sommet; cohésion très forte; compact.
- 15 - 80 cm : 10 YR 5/5, brun jaune; argilo-sableux; structure en plaquettes 3x1 cm) en assemblage très compact, à faces généralement rugueuses, rarement luisantes, légèrement obliques; cohésion excessive, très dur; quelques pores; des concrétions 'en plomb de chasse'; ponctuations et amas calcaires d'origine biologique.
- 80 - 140 cm : même teinte brun jaune mais en réseau isolant des zones gris bleuté (gleyfiée) (∅ 3 cm); argilo-sableux; massif, parru de faces luisantes et obliques et nombreuses, plus nettes (structure en coin) dans les zones grises; très compact, dur et cohérent; mêmes concrétions et amas.

Type des plaines argileuses craquelées: GA 9 DAYAONDO

Lat : 14° 26' 30" N Site : plaine argileuse légèrement déformée.
Long : 0° 13' 50" E

Surface : profondément et régulièrement fissurée (60-80x3-4 cm, retrait 5-4,5 %); quelques chenaux peu visibles; léger bosselage

- 0 - 18 cm : 10 YR 4/4, brun jaune foncé; argileux; prismatique (∅ 60-80cm), sous-structure prismatique (∅ 15 cm), sous structure feuilletée en assemblage très compact (e = 5 mm); cohésion très forte, très dur et compact.
- 18 - 50 cm : 10 YR 4/4, brun jaune foncé; argileux; prismatique (∅ 60-80cm), sous structure en plaquettes (2 x 0,5 cm) en assemblage très compact, légèrement obliques, irrégulièrement patinées; très dur et compact; cohésion excessive.
- 50 - 95 cm : 10 YR 3,5/4, brun foncé; argileux; structure en plaquettes (3 cm) en assemblage très compact, faces plus luisantes; agrégats entièrement compacts; cohésion excessive.

95 - 140 cm : 10 YR 3/1, brun noirâtre avec réticulum brun jaune foncé; argileux; structure en plaquettes (1 cm x 0,5 cm) en assemblage très compact, très luisantes; toujours compact et cohérent.

Le premier profil est un brun tirsifié vertique, le second un vertisol peu évolué; tous deux possèdent un horizon profond mal drainé, des structures très compactes, dues à la nature minéralogique de l'argile, à capacité d'échange spécifique relativement basse (40 méq/100 g environ, contre 60 dans les Séries à nodules). La légère gleyification de la base des profils est due au mauvais drainage interne, l'engorgement temporaire de surface étant très limité.

Lorsqu'ils ne sont pas érodés les sols de levées sableuses montrent un horizon supérieur (15 cm) brun (10 YR 5,5/4), très finement sableux, massif, assez compact, coiffant un niveau sablo-argileux, brun rougeâtre (5 YR 3/4), polyédrique en assemblage compact.

22-3 Etude analytique (cf. tableau ci-dessus).

A-Sols tirsifiés

Textures : argilo-sableuses, pauvres en limons, riches en sables fins

Taux de matière organique: médiocres et à bas C/N.

Profils légèrement désaturés, modérément acides; taux de bases plus faibles que dans les Séries à nodules; Mg égal ou supérieur à Ca, taux de Na atteignant des valeurs propres à augmenter l'instabilité structurale.

Bonnes réserves en eau (250-280 mm/m, dont 110 à 130 mm/m utilisables); faible porosité, porosité pour l'air nulle à PF 3; perméabilité et stabilité structurale médiocres.

L'équilibre Azote-pH est moyen, parfois médiocre (bon à très bon en riziculture); les taux de P sont suffisants, mais l'excès de Mg pourrait induire une carence en K.

B - Vertisols peu évolués.

Texture : 55-60 % d'argile, 15 % de limons, 20 % de sables fins
Taux de matière organique: comme les précédents.

Profils saturés, légèrement acides en surface (pH = 6), légèrement alcalin en profondeur (7,5); somme des bases échangeables de 22-26 méq, dont 10-18 méq de Ca, 11-9 méq de Mg; 7 % du total formé de Na en profondeur (2 méq).

Bonnes réserves en eau (400 mm/m, 180 mm/m utilisables); perméabilité, instabilité, porosité comme les précédents.

Equilibre Azote-pH moyen, bon en riziculture; taux de P suffisants; taux de K suffisants (0,6 méq en surface).

C - Sols de levées

Textures : 6-25 % d'argile, 5-10 % de limon, 55-70 % de sables fins.

Matière organique : 0,6 % en surface, C/N de 8; azote: 0,3 ‰; ce sont des valeurs relativement élevées pour les textures et le milieu climatique.

Profil légèrement désaturé (V = 90 %), légèrement acide (pH = 5,5-6,0); somme des bases: 4-10 méq, avec dominance calcaïque.

Réserves en eau de 100-200 mm/m (PF 3), dont 55-65 mm/m d'utilisables; perméabilité faible (1,5 cm/h), instabilité structurale élevée (IS = 3,6).

Equilibre azote - pH moyen, ce qui est assez remarquable pour un sol aussi sableux. Taux de P suffisants (0,5 ‰). Des traces de K seulement (0,05 méq/100 g).

22-4 Conclusions

Sols tirsifiés et Vertiques conviennent au sorgho de décrue, et à la riziculture. Le coton n'y est possible qu'au prix d'un ameublissement soigné, irréalisable par les techniques locales. Il ne doit pas être impossible d'y faire croître le blé dur (puisque'il est irrigué sur les sols encore moins perméables et plus pauvres de la Komadougou).

Les sols de levée, non décapés, conviennent mieux aux cultures irriguées (dont le piment).

Sans aménagement on ne pourra mettre en culture que les petites mares à sols vertiques, en sorgho de décrue.

22-5 Cartographie

- 1° - Unité pure: au Sud-Sud.Est de Fatatako, secteur le plus intéressant (50.000)
- 2° - Association à sols de levée (100.000 et 50.000): surtout le long de l'affluent Est du Gorouol, où l'érosion des terres est minimum.
- 3° - Phase érodée (50.000): rive Ouest du Gorouol; épandages de quartz nombreux.

IIIA-3 LES SOLS BRUNS SUBARIDES ALCALISES (CF Nig. Occ., t.2, pp. 174-190)

Les Sols Bruns Alcalisés font partie d'un complexe de sols: Bruns, Régiques solonchiques, hydromorphes, rubéfiés, Sols Hydromorphes, caractéristiques des glacis inférieurs non concrétionnés, ni ensablés, sur granites calco-alcalins et alcalins, sous des pluviométries relativement faibles (moins de 575 mm au Niger Ouest). La présence, occasionnelle, de sodium en quantités anormalement fortes dans certains de ces sols, due à l'arène d'altération des granites, est le caractère le plus net qui permet de distinguer les glacis sur granite de leurs homologues sur Birrimien qui ont une histoire parallèle, inscrite dans des sols polyphasés et polycycliques homologues (cf. Nig. Occ., t. 2, p. 176).

A3-1 Cadre général d'évolution

Ce sont des glacis à pentes faibles (moins de 1 ‰), de teinte générale brune, troués de multiples affleurements de roche saine. Le réseau hydrographique, nettement hiérarchisé sur photos, est peu visible sur le terrain, où il se résoud en nombreuses et petites zones de colmatage, temporairement inondées. La surface en est formée d'une succession de bandes alternativement nues et enherbées ou arbustives ('brousse tigrée'). Les bandes nues sont décapées par un fort ruissellement souvent mordues par l'érosion en nappe ravinante. Les bandes couvertes sont moins érodées, parsemées de nombreux turricules et termitières. On sait que cette disposition; caractéristique des pentes faibles à sols peu perméables, est déterminée par le ruissellement, chaque zone nue faisant l'office d'impluvium pour la zone couverte d'aval qui en absorbe les eaux. Les témoins de cuirasse, sous forme de pavage résiduel, sont rares dans cette partie du bassin du Gorouol; des

regs de concrétions et débris de quartz sont plus fréquents.

La faible perméabilité des sols est confirmée par leur morphologie et leur stratigraphie. Ce sont des argiles sableuses brunes, compactes, passant à leur base à une mince argile d'altération, elle même compacte et portant les traces d'engorgement temporaire (concrétions). Dans la zone cartographiée les sols en place, passant directement à l'argile d'altération, sont fréquents (ce qui est exceptionnel à l'échelle du Niger Ouest). Certains sont polyphasés et/ou passent à la roche altérée par une discontinuité marquée par une nappe de débris (quartz et concrétions).

Ces glacis ne sont libre de sables éoliens qu'au Nord du Gorouol; au Sud ils n'apparaissent qu'en bandes Est-Ouest limitées par les grands alignements dunaires, elles mêmes parsemées de plages de sables ruisselés ou de restes de voiles éoliens, ou qu'en îlots irréguliers au sein des plaines sableuses, apparaissant comme un réseau de bas fonds séparés par des buttes éoliennes. Enfin, au Nord du confluent du Gorouol, les glacis sur granites paraissent avoir été tronqués par la nappe de galets qui passe sous les alluvions de cette région. Ces quatre aspects définissent autant d'Associations:

- à sols bruns pour les glacis non ensablés
- à sols bruns à raies pour les bandes étendues à voiles sableux
- à sols bruns à raies et brun rouge pour les petits bas fonds des plaines sableuses
- à Regosols sur cailloutis où ces derniers recouvrent la roche altérée.

La végétation, en bandes isohypses sur les glacis étendus, consiste en un steppe bas (4-5 m), arbustif, épineux, à Acacia Senegal, Seyal, flava, Raddiana, Balanites Aegyptiaca, Combretum aculeatum, Commiphora Africana, avec tapis herbacé vivace à Cymbopogon Schoenanthus sur les bandes arbustives, Schoenefeldia gracilis sur les bandes décapées. Au Nord d'OUSSA la végétation est réduite à des bandes de Cymbopogon parsemée de quelques Acacia flava. Lorsque l'ensablement progresse elle est plus diffuse et s'enrichit en espèces plutôt psammophiles: Combretum glutinosum, Aristida mutabilis, Andropogon exile...

Seuls les sols à texture allégée par des sables éoliens (bruns à raies) sont normalement cultivés, au Niger Ouest et dans cette partie du bassin du Gorouol (mil, sorgho), aussi avons nous été assez surpris de noter plusieurs dizaines d'hectares de mil sur des sols de glacis proprement dits, argilo-sableux, ce qui rompt avec les habitudes agricoles normales:

- on ne cultive pas, au Niger, les pénicillaires sur des sols aussi lourds et compacts, avec une pluviométrie aussi faible (425 mm).

- Les sols de cette région (Oussa Ouest) n'avaient pas été cultivés depuis très longtemps, les photos de 1956 montrant une brousse tigrée 'vierge'; le défrichage, fait en 1963, n'était que partiel. Il n'était certainement pas habituel de cultiver ces sols. Le mil était médiocre, grêle, clairsemé, mais il était déjà remarquable qu'il ait pu croître.

En dehors de cet îlot cultivé, le reste ne fournit que de maigres terrains de parcours.

A3-2 Etude Morphologique

Les sols de ces bas glacis ont en commun des teintes foncées, des profils peu différenciés, des structures médiocrement développées, une forte compacité, au moins en profondeur. Les deux premiers caractères font de cet ensemble des "sols bruns", sensu lato.

Les subdivisions morphologiques sont difficiles parmi les sols argilo-sableux en place sur la roche altérée; il faut les compléter par des données analytiques pour y découvrir diverses affinités:

° Faciès de Sols Halomorphes à structure dégradée :

- Sols à alcalis, Solonetz sans colonettes = Bruns alcalisés
- Solonetz magnésien, à colonettes = Bruns rubéfiés

° Faciès de sols à structure dégradée, mais pauvres en Na et Mg :

= Bruns à drainage réduit.

Des sols Peu Evolués d'érosion (Regiques) peuvent se former aux dépens des précédents. Les Sols Peu Evolués d'apport possèdent une phase sommitale sableuse, arénacée (quartz et feldspath) ou plus souvent éolienne, coiffant une ou plusieurs phases plus argileuses comparables au matériau des Sols Bruns à drainage réduit, ou d'hypothétiques Sols Ferrugineux Lessivés. Si la phase sableuse est suffisamment épaisse, des Sols Bruns à raies, à affinité de sols lessivés, se développent. Si l'ensablement est suffisamment ancien, il porte les Brun Rouge (Séries foncées...) caractéristiques des grandes plaines sableuses éoliennes sur granite. Les Regosols sur cailloutis n'apparaissent qu'en bordure du Niger, sous l'aspect de nappes de graviers.

32-1 Les Sols Bruns Alcalisés, Faciès solonatzique sodique

Type	: NO 46 BANKILARE	Site:	surface plane, sub-
Lat	: 14° 32' 40" N.		horizontale (bas gla-
Long	: 0° 44' 20" E.		cis); sous steppe à
Cote	: 274 m.		gommiers.

Surface : affleurements; plages de sables fins ruisselés; plages de débris de quartz filonien.

- 0 - 6 cm : 10 YR 5/3,5, gris brun; hétérogène: lits sableux discontinus plus clairs et plages sableuses brun-rougeâtre; argileux; structure en prismes aplatis (ϕ 15 cm), croûte feuilletée de 1 cm au sommet; cohésion moyenne; très compact; enracinement homogène.
- 6 - 30 cm : 7,5 YR 4/4, brun; argilo-sableux, avec quartz de 2 mm; motteux, polyédrique (5-20 mm) à faces rugueuses; cohésion excessive; très dur; porosité semi-tubulaire très fine bien développée.
- 30 - 85 cm : 10 YR 4/4, brun plus jaune avec taches blanches (calcaires) de 2 mm; argilo-sableux, avec grains de quartz; massif, localement polyédrique en assemblage compact; cohésion forte à très forte; très dur; même porosité.
- 58 - 110 cm : 10 YR 4,5/4, même teinte, mouchetures brun jaune; argileux; des mas calcaires (3-4 cm) blancs, mamelonnés, pulvérulents au sommet, des concrétions calcaires noirâtres et très dures

à la base; polyédrique en assemblage très compact (5-20mm); très dur.

110 cm : granite blanchi à grains fins orientés (gneiss à biotite), tachée de jaune, calcaire par points, dur .

Au dessous de 6 cm tout le profil est alcalisé (Na/S = 24-25 ‰), saturé, alcalin (pH 8-9), sans autre variation analytique que celle du calcaire, s'accumulant au sommet de la roche altérée (14 ‰), et que celle de la capacité d'échange spécifique de l'argile qui croit de 63 à 78 méq/100 g vers la base.

Les ressemblances avec les sols du Tchad (Bocquier) formés dans les mêmes conditions (bas glacis, granite calco-alcalin altéré en argile sableuse à forte capacité d'échange), qui sont des Solonetz Solodisés, parfois des Solonetz, sont :

- Compacité, cohésion, dureté élevées du profil
- présence d'un (B) de structure, horizon simultanément le plus 'brun' et le plus cohérent du profil, immédiatement sous le premier horizon
- niveau profond d'accumulation du calcaire, sous deux formes successives, fine et grossière (amas puis nodules)
- allure générale du profil:

couleurs : gris-brun-brun jaune
 texture : plus sableux-argilo-sableux
 structure : massif (feuilleté) - fragmentaire-massif (polyédrique).

Mais il manque à ce profil un horizon supérieur franchement lessivé pour être un Solonetz. Même si on suppose que cet horizon existe, mais trop romanié par le ruissellement pour être reconnaissable, il resterait l'absence de B textural. L'absence de lessivage de l'argile dans ces sols paraît être confirmée par l'aspect de l'horizon supérieur sous touradons de Cymbopogon (brun, grumeleux, parfois calcaire). Enfin un début de solodisation (= destruction des argiles à forte capacité d'échange en milieu sodique) n'est pas impossible, dans l'horizon supérieur (certains lits sableux très décolorés = solodisation en taches), ou dans la masse même du profil (baisse de la capacité d'échange vers le sommet = crypto-solodisation).

Les sols à alcalis forment des taches, à répartition aléatoire, au sein des glacis à sols bruns non alcalisés. Nous ne savons pas s'ils sont le fait de nuances pétrographiques dans les granites, ou de minimes accidents topographiques faisant varier le drainage.

32-2 Les Sols Bruns légèrement rubéfiés, Faciès Solonetzique magnésien

Type	: GB 95 OUSSA	Site	: surface plane sub-
Lat	: 14° 46' 45" N.		horizontale; rares
Long	: 0° 45' 0" E.		affleurements; bas
Cote	: 241 m		glacis. Sous Brousse
			Tigrée. Dans bande
			arbustive; tapis à
			Cymbopogon.

Surface : Brun Rougeâtre

- 0 - 12 cm : 10 YR 5,5/4, gris brun, marbré d'ocre rougeâtre; argilo-sableux; au sommet fine croûte; fissuration verticale fine (e = 1 mm), espacée (ϕ = 15 cm), donnant un début de structure prismatique; par ailleurs massif, cohésion forte. compact.
- 12 - 35 cm : 7,5 YR 4/4, brun rougeâtre marbré de gris; argilo-sableux; structure motteuse, cubique à prismatique, large (ϕ 5-10 cm), dont les éléments les plus grossiers, prismatiques (10 x 20 cm) possèdent un sommet arrondi, à forte porosité semi-tubulaire sur les dix premiers centimètres (ϕ 0,5 mm); cohésion moyenne. La base de l'horizon est cubique (3 cm) en assemblage compact, à cohésion excessive.
- 35 - 70 cm : 7,5 YR 5/4, teinte plus claire due à des marbrures grises plus abondantes; Argilo-sableux; nombreuses taches noires (Mn); cubique un peu aplati (3 x 2 cm) à faces presque lisses, en assemblage compact; très dur et cohérent; compact.

Ce sol possède un (B) structural franchement solonetzique (prismes à sommet arrondi, porosité sommitale). Il n'est pas alcalisé, est modérément acide, mais possède des taux élevés de magnésium, relativement plus forts en surface. Il ne possède pas d'horizon supérieur lessivé, et corrélativement pas de B textural, ce n'est donc pas un Solonetz évolué.

On note cependant une légère augmentation des taux de fer vers la base du profil, elle même mal drainée, à début de pseudo-gley. Ces sols sont communs en rive gauche du Gorouol; par érosion ils donnent des Sols Regiques rubéfiés (bandes dénudées).

32-3 Les Sols Bruns à Drainage Réduit, non alcalisés, non magnésiens, à structure dégradée

Type	: GB 80 GAYA	Site	: surface plane très peu pentue; bas glacis (base);
Lat	: 14° 38' 10" N		découpé en "gassi" par
Long	: 0° 44' 20" E		des bandes dunaires
Cote	: 247 m		

Surface : brune, légèrement décapée, nombreux affleurements.

- 0 - 9 cm : 10 YR 4/2, brun; argilo-sableux, avec grains de feldspath; feuilleté (1 cm); cohésion excessive; compact; dur.
- 9 - 50 cm : 10 YR 3/2, brun très foncé; même texture; structure localement cubique (5 cm), dans l'ensemble massive à débit polyédrique; cohésion moyenne à forte; médiocre porosité semi-tubulaire, assez fine;
- 50 - 100cm : 10 YR 3/2, brun très foncé, jaunissant vers la base; même texture; débit polyédrique; cohésion très forte; très dur et compact.
- 100 ... cm : arène blanchie à langues d'argile brune; au sommet quelques concrétions brunes (1-2 cm). Pas de calcaire. Passage du sol à l'arène progressif.

Dans ce profil, dans l'ensemble massif, on ne peut guère mettre en évidence qu'une amorce de (B) structural. La teinte foncée de l'ensemble est bien due à l'évolution du sol, le matériau, l'argile d'altération

0° 0°10' 0°20' 0°30' 0°40' 0°50'

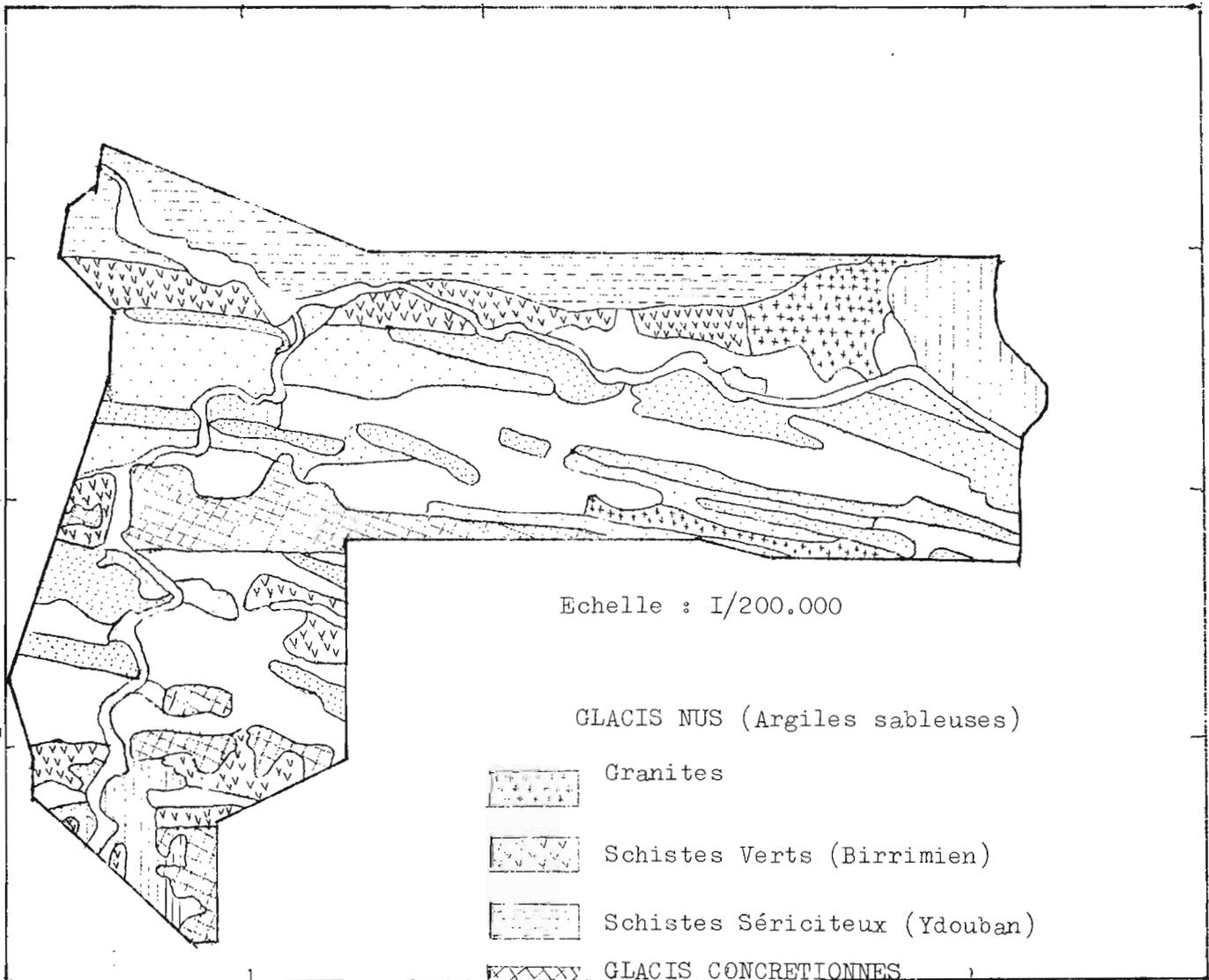
15°

50'

40'

30'

20'

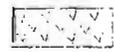


Echelle : 1/200.000

GLACIS NUS (Argiles sableuses)



Granites



Schistes Verts (Birrimien)



Schistes Sériciteux (Ydouban)



GLACIS CONCRETIONNES

REMBLAI



Sableux et Sablo-argileux



Argilo-sableux et Argileux

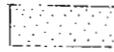
ERGS



"Ancien"

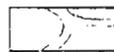


"Intermédiaire"



"Récent"

ALLUVIONS



Levées et dépôts de lit majeur.

étant plus jaune (cf. ci-dessous). Elle n'est pas due à la matière organique, celle-ci étant rare, et ses variations dans le profil ne se manifestant pas dans celle de la couleur, bien plus uniforme. Elle résulte probablement d'une association argile-fer-matière organique propre aux sols mal drainés (dont des Vertisols). Les caractères de ces sols bruns sont assez uniformes :

- en surface, parfois, 5-10 cm de sables ruisselés, feuilletés.
- un premier horizon uniformément gris brun 10 YR 4/2-2,5. Sablo-argileux ou argilo-sableux. Débit feuilleté (horizon mince) ou polyédrique (horizon épais). Rarement structure localement cubique. Cohésion forte à excessive. Le plus souvent compact. Epaisseur : 9-22 cm.
- un second horizon, plus coloré ou plus foncé, bruns 10 YR 3/2, 4/3; argilo-sableux; légèrement mieux structuré, parfois simplement plus poreux; peut manquer; épaisseur 40-60 cm.
- la base, brun jaune à brun olive 10 YR 5/4; argilo-sableuse; débit polyédrique; cohésion forte à très forte; toujours compacte; des concrétions noires (Mn) dans trois cas sur quatre. Pas de calcaire noté.
- passage progressif à la roche.

32-4 Les Sols Bruns à raies

Type GB 70 ALKONGUI	Site : glaciais sur granite à voile
Lat : 14° 40' 0" N	sableux; plaine sableuse parsemée de grosses (1,5 m) termitières; légères ondulations; bas de butte.
Long: 0° 35' 30" E	

- 0 - 10 cm : 10 YR 5/3,5; brun jaune clair; sableux (0,2-0,3 mm); débit nuciforme; cohésion moyenne à faible; nombreuses radicules.
- 10 - 85 cm : 10 YR 6/4, brun jaune plus clair; sableux; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne à faible; nombreuses raies (e = 1 cm, équidistance = 13 cm) brunes à cohésion forte.
- 85 : discontinuité texturale, soulignée par une décoloration des cinq premiers centimètres de l'horizon suivant.
- 85 - 140 cm : 7,5 YR 7/4, brun ocre marbré; sablo-argileux; débit mamelonné; cohésion forte; très dur; porosité semi-tubulaire grossière 0,5 mm
- 140 - 160 cm : plus fortement marbré de brun jaune; même texture; nombreuses taches rouges (1 cm, 2,5 YR 2/4) légèrement durcies; même structure.

Interprétation :

- 0 - 85 cm : phase supérieure, sableuse; formation de raies due au lessivage et au ralentissement de drainage provoqué par le niveau suivant, plus argileux et compact. Pas de B de couleur (= brun), mais début de B textural.
- 85 - 160 cm : sables argileux proches du matériau des Sols Bruns à Drainage réduit des glaciais; restes de Sols Ferrugineux Lessivés (B Fe).

On notera, au dessus de la discontinuité texturale principale, le développement de la porosité de la phase supérieure, plus sableuse, déjà décrite dans le profil précédent. La compacité est telle, à la base du profil, qu'elle empêche tout développement normal de la végétation. Elle est due à la nature de la fraction argileuse, peu gonflante. Inversement les sols d'apport possédant en profondeur un niveau à argiles plus expansibles (GA 37), se manifestant par des structures fragmentaires nettes (aspect tirsifié, cubique-prismatique) se laissent plus facilement pénétrer par les racines et peuvent être cultivés.

A3-3 Etude Analytique (cf. tableaux)

33-1 Sols en place, monophasés: Bruns, Bruns alcalisés, Bruns magnésiens

- Matière Organique : taux médiocres dans l'absolu, mais relativement élevés pour la pluviosité, cela grâce à la texture et au médiocre drainage interne; décroissance plus rapide de 0 à 30-40 cm qu'au delà de cette profondeur; taux d'azote élevés grâce aux faibles valeurs du C/N (cela est caractéristique des sols subarides).

- Textures : fort homogènes dans leur ensemble. Le sommet a tendance à être moins argileux et plus limoneux ce qui, joint à la légère décroissance de la capacité d'échange spécifique de l'argile vers l'horizon supérieur, pourrait s'interpréter comme une légère dégradation (solodisation ?) de cette dernière.

- Bases, pH : bien représentées et équilibrées dans les sols non alcalisés ni magnésiens, avec des pH légèrement acides. K partout concentré en surface (matière organique), comme il est habituel. Taux de Ca augmentant toujours vers la profondeur, le maximum de cet effet dans le sol alcalisé (calcaire); interprétation de ce fait incertaine: lessivage ou exsudation de la zone d'altération; de toute façon cela est caractéristique des glacis argileux sur granites. Taux de Na atteignant le double du seuil d'alcalisation dans les Faciès solonetziques sodiques, avec des conductivités à la limite des sols légèrement salins, avec des pH corrélativement élevés. Mg concentré en surface du Faciès solonetzique magnésien, qui reste modérément acide.

- Propriétés physiques : dans les sols non alcalisés porosité pour l'air correcte, stabilité structurale médiocre, mais supérieure à ce que laissait prévoir l'examen morphologique, toutes propriétés devenant mauvaises en profondeur. Réserves en eau de l'ordre de 230 mm/m, dont 100 mm/m d'utilisables, pour un profil comme GB 95. Dans le sol alcalisé, porosité pour l'air et perméabilité nulles. Réserves en eau du même ordre de grandeur.

- Equilibres de fertilité

Azote-phosphore: le plus souvent moyen, parfois nettement carencé en P (solonetz magnésien).

Azote-pH : bon, parfois moyen; non évaluable pour le sol alcalisé.

33-2 Sols d'Apport, Sols Bruns à Raies

Dans les deux cas la texture plus grossière des horizons de surface provoque une chute des taux de matière organique, des bases Equilibres Azote-pH médiocres, Azote-Phosphore moyens.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUNS, DES SOLS BRUNS ALCALISES, SUR
ARGILES SABLEUSES ISSUES D'ARENE GRANITIQUE

A - Matière Organique, tous Faciès

	En surface	En Profondeur	
	(5 cm)	(25-45 cm)	(75 cm)
Matière Organique ‰	0,53-0,80-1,0	0,32 - 0,51	0,25-0,32
Azote ‰	0,33-0,45-0,67		
C/N	9,1-10-10,8	10,4-11,1-11,1	9-9,4
Phosphore ‰	0,16-0,19-0,37		

B - Texture, Bases, Propriétés physiques
Faciès solonetzique sodique

	En Surface	En profondeur
	(15 cm)	(75 cm)
Argile ‰ (A)	22	23
Limon	8	13
Sables fins ‰	36	35
Sables grossiers ‰	31	25
Fer libre ‰	2,7	2,8
Fer total ‰	3,7	4,6
Fer libre/Fer total ‰	72	62
Calcaire ‰, CO ₃ Ca.	0,8	14,4
Bases échangeables, méq/100 g.		
Ca	7,9	18,8
Mg	3,3	5,2
K	0,03	0,02
Na	3,7	8,8
Somme (S)	14,9	32,8
Ca/Mg	2,4	3,7
Na/S ‰	<u>24,5</u>	<u>26,8</u>
Capacité d'échange (T), méq/100	14	18
T/A, méq/100 g	65	80
Conductivité, millimhos (extr. 1/10)	0,063	0,30
Extrait sec, mg/100 g	50	241
pH (eau)	8,2	9
Saturation	Saturé	Saturé
Propriétés physiques		
Porosité totale, ‰ volume	25,4	
Porosité air à pF 3 ‰ volume	3	
Humidité équivalente ‰ poids	11,2	
Eau utilisable	5,2	
Perméabilité, cm/h	0	

C - Texture, Bases, Propriétés Physiques
Faciès solonetzique magnésien

	En surface	En Profondeur	
	(5 cm)	(20 cm)	(50 cm)
Argile (A) %	24	22	33
Limon %	11	6,5	5
Sables fins %	45	45	37
Sables grossiers %	25	30	28
Fer libre %	1,6	1,7	2,1
Fer total %	3,7	3,75	5,45
Fer libre/Fer total %	43	45	39
Bases échangeables, méq/ 100 g.			
Ca	4,1	4,6	9,3
Mg	3,3	3,0	4,3
K	0,37	0,13	0,10
Na	0,06	0,22	0,92
Somme (S)	7,9	7,9	14,65
Ca/Mg	1,2	1,5	2,1
Na/S %	0,7	2,8	6,2
Capacité d'échange(T),méq/100 g	6,4	7,1	11,5
T/A, méq/100 g	23	31	34
pH	5,7	5,8	6,7
Saturation	Saturé	saturé	saturé
Conductivité, millimhos	0,038	0,028	0,033
Extrait sec, mg/100 g	30	22	26
Propriétés Physiques			
Porosité totales, % volume	35	34,5	25
Porosité air à pF 3, % vol.	17,5	21	0
Humidité équivalente % poids	10,2	8	13,6
Eau utile, % poids	4,6	3,6	6,1
Perméabilité, cm/h	1,4	1,0	0,7
Instabilité (IS)	1,9	3	4,8

D - Texture, Bases, Propriétés Physiques
Faciès non alcalisé, non magnésien,
'Bruns à drainage réduit'

	En Surface	En Profondeur	
	(5 cm)	(25-45 cm)	(75 cm)
Argile %	15-16-22	21-24	22
Limon %	5-7	3-5	1
Sables fins %	38-40-47	40-41	39
Sables grossiers %	32-36-38	36-41	37
Fer libre %	1,6	1,8	1,7
Fer total %	3,6	4,2	4,0
Fer libre/fer total %	46	44	41
Bases échangeables, méq/100 g			
Ca	4,2-4,6-7,2	6,3-8,1-10,6	10,1
Mg	1,8-1,9-3,4	2,7-3,2-3,6	3
K	0,30-0,37	0,10-0,16	0,1
Na	0,05-0,4	0,05-0,21	0,09
Somme (S)	6,8-11	9-11,5-14,5	13,3
Ca/Mg	2,1-2,3-2,5	2,6-2,9	3,4
Na/S %	0,6-0,7-1,1	0,5-0,6-1,3	0,9
Capacité d'échange (T), méq/100 g	5-5,7-8	7,8-9,6-12,2	12,6
T/A, méq/100 g.	26-32-34	51-70	55
pH	6-6,2-6,5	6,1-6,4	6,3
Saturation	Saturé	saturé	saturé
Conductivité millimhos	0,04-0,05	0,02-0,03	
Extrait sec, mg/100 g	22-38	18-28	
Propriétés Physiques			
Porosité totale, % volume	28,5 - 32		
Porosité air à pF3, % volume	11 - 17		
Humidité équivalente % poids	6,2-6,5-9,6		
Perméabilité cm/h	2,1-3-3,3		
Instabilité (IS)	2,4-2,6-1,7		

E - Equilibres des Cations (en % de leur somme)

Sol :	Alcalisé	Magnésien	Non alcalisé ni magnésien
<u>En Surface</u>			
Ca	53	52	65 - 67
Mg	22,5	42,5	27 - 31
K	0,1	4,7	2,9- 5,5
Na	24,5	0,7	0,6- 1,1
<u>En Profondeur</u>			
Ca	57,5	63	76
Mg	15,4	30,1	22
K	0,3	0,7	0,7
Na	26,8	6,2	0,9

PROPRIETES ANALYTIQUES D'UN SOL BRUN A RAIES, D'UN SOL D'APPORT BRUN.

	SOL BRUN A RAIES (GB 70)			SOL D'APPORT (GA 37)		
	Phase sableuse		Phase S.A.	Phase sableuse	Phase sablo - argileuse	
	5 cm	55 cm	105 cm	5 cm	70 cm	110 cm
Matière Organique ‰	0,31	0,12	0,13	0,44	0,28	0,09
Azote ‰	0,22			0,27		
C/N	8,2	10	6,7	9,2	6,4	4,2
Phosphore ‰	x			0,16		
Argile ‰	5	7	19	9,5	23	20
Limon ‰	1,2	2,5	2,5	5,5	1,2	6
Sables fins ‰	60	54	45	51	41	30
Sables grossiers ‰	36	39	36	35	21	42
Bases échangeables, méq/100 g						
Ca	0,8	0,55	1,1	3,6	14,1	10,2
Mg	0,63	0,42	1,27	2,7	6,8	5,4
K	0,05	0,02	0,03	0,42	0,11	0,12
Na	0,06	0,03	0,18	0,01	0,16	0,13
Somme (S)	1,56	1,02	2,57	6,77	21,1	15,85
Ca/Mg	1,3	1,3	0,85	1,3	2,1	1,9
Na/T ‰ (1)	3	2	8	0,1	0,7	0,9
Capacité d'échange (T), méq/100g.	1,65	1,57	2,23	7,3	19,1	14,2
T/A, méq/100 g.			12		82	72
pH	6,3	5,9	6	5,9	6,4	6,6
Saturation, S/T ‰	94	65	100	93	saturé	saturé
Conductivité, millimhos	0,034	0,036	0,028	0,026	0,036	0,032
Extrait sec, mg/100 g.	27	29	22	21	29	26

(1) = ou Na/S ‰ si S plus grand que T.

A3-4 Conclusions

En ne considérant que leurs propriétés les sols bruns non alcalisés conviennent à un grand nombre de cultures: sorgho, coton, blé dur. Mais leur utilisation est limitée par les traditions agronomiques locales, et les ressources en eau. La pluviométrie est insuffisante pour que toute la surface des glacis puisse être régulièrement cultivée avec des rendements acceptables. Il n'y a pas de possibilités immédiates d'irrigation, même dans le secteur le plus favorablement situé (Oussa Ouest); de plus cette dernière serait compliquée par l'absence d'horizon drainant (on est sur la zone d'altération). Restent les eaux de ruissellement, que l'on pourrait concentrer par des levées sur de petites surfaces. Pratiquement nous croyons qu'il faudrait, dans un premier temps, encourager la culture du sorgho pluvial en améliorant les méthodes locales de travail superficiel du sol, et essayer, prudemment, le coton dans les secteurs où se concentrent les eaux de ruissellement.

Les sols alcalisés, dont la répartition exacte ne pourrait être donnée que par une couteuse prospection de détail, devraient au moins permettre la culture du sorgho. Ils sont théoriquement impropres à l'irrigation.

De par leur situation les sols des glacis ensables (dont les Bruns à Raies) ne sont propres qu'aux cultures pluviales, et par leur texture aux pénicillaires, sorgho, arachide.

III-B LES SOLS BRUN - ROUGE

IIIB-1 DEFINITIONS (cf. Nig. Occ., t.2, pp.171-172, pp. 201-202).

Les Brun-Rouge sont, en gros, les sols rubéfiés des zones sahéliennes. Au Niger ils ne s'accordent pas exactement aux définitions classiques, que nous avons du modifier empiriquement ainsi :

" on classe, sur le terrain, comme Brun-Rouge tout sol possédant un B de couleur, un ou plusieurs horizons supérieurs, d'épaisseur totale n'excédant pas 20 cm, à teinte nettement moins pure, ou plus pâle, ou moins rubéfiée, ou les trois à la fois, et donnant à l'oeil une impression grisâtre ou brunâtre".

Les Brun-Rouge sont avant tout des sols de matériaux bien drainants, des sables, parfois fluviatiles, surtout éoliens. Ce sont des paléosols dont seul l'horizon de surface (couleur, pH, matière organique) décèle l'influence climatique actuelle. Les caractères des horizons profonds sont hérités et se diversifient surtout au niveau des structures, s'exprimant, comme dans tous les sols sableux, par un débit :

- débit régulier, ou cubique : masse se divisant en plans réguliers d'orientation quelconque, dont la rugosité est celle des sables de la texture; c'est l'expression macroscopique d'une microstructure particulière.

- débit mamelonné : ces plans de rupture possèdent une rugosité de taille supérieure à celle des grains du squelette; un début de cimentation, discontinu, produit des irrégularités arrondies sur les faces de rupture.

- débit polyédrique : ces plans possèdent de nombreuses facettes anguleuses, mais il n'existe pas d'agrégats isolables.

- polyédrique en assemblage compact : outre le débit polyédrique, on peut par manipulation obtenir des agrégats; ces derniers ne sont pas séparés, sur la coupe, par des fissures visibles à l'oeil nu.

La cohésion, et le taux d'éléments fins, croissent du débit régulier au débit polyédrique. Cette méthode permet d'apprécier indirectement, et avec finesse, des nuances texturales, apparemment dérisoires au point de vue analytique, mais capitales pour l'utilisation des sols sableux (réserves en eau, bases). A ce point de vue il est capital de distinguer les sols à débit régulier (Brun Rouge Peu Différenciés) de tous les autres (Brun Rouge évolués). Ces derniers peuvent être subdivisés selon divers caractères secondaires de la base du profil: durcissement, raies, concrétions...

Il existe une relation étroite entre le modelé des formations sableuses et la morphologie des Brun Rouge; ce critère géomorphologique permet de faire la même coupure que la structure des horizons profonds. Ces coïncidences peuvent être interprétées par l'existence de deux séries chronologiquement distinctes :

- les Sols Brun Rouge Peu Différenciés se développent sur les sables pauvres en éléments fins, des ergs récents et des vallées sèches.

- les Sols Brun Rouge évolués se développent sur des sables moins pauvres correspondant à des formes dunaires plus écoussées d'orientation différentes, appartenant aux ergs anciens et à des remblais fluviatiles. Les sables d'ergs anciens sont plus sensibles à la variation de substrat que les sables d'ergs récents.

Les ergs récents sont un remaniement des ergs anciens, soit local et purement éolien, soit général et pouvant alors admettre un relief fluviatile. Ils correspondent à deux phases climatiques désertiques, séparées par une phase plus humide. Il existe au moins une phase humide séparant l'édification de l'erg récent de l'époque actuelle, et plusieurs épisodes secs secondaires. Parallèlement à l'édification des ergs, se sont mises en place dans les vallées deux ensembles sableux, l'un ancien, à sols évolués (= remblai), l'autre récent, à sols peu différenciés (formation sableuse des vallées sèches).

A ces Brun Rouge sableux, à profils épais, correspondent sur les glacis, des sols plus argileux, minces, complexes, et vraisemblablement polycycliques, dits "de transition Peu Evolués d'Erosion (= Regiques) à Bruns Subarides". Ils sont souvent rubéfiés (faciés), surtout sur Birrimien. Ils semblent résulter d'une succession de phases d'évolution (= humide) et de phases sévères d'érosion (= arides ou désertiques, synchrones des phases d'édification des ergs). Leur principal caractère subaride paraît être la prépondérance des phénomènes d'érosion.

IIIB-2 LES BRUNS ROUGE DU GOROUOL

La partie cartographiée du bassin du Gorouol est dans la zone de transition climatique entre les Brun Rouge et les Ferrugineux Peu Lessivés. La distinction entre ces deux ensembles homologues (cf. Nig. Occ.t. III, pp. 250-251) repose sur les horizons de surface. Elle est localement délicate, et compliquée de surcroît par les phénomènes de remaniement superficiel, très importants ici. Ainsi les sols les moins sableux ont tendance à être décapés et, leurs horizons rubéfiés étant mis à jour, apparaissent comme des Brun Rouge. Inversement la formation de nebkas abondantes sur certains ergs jeunes, fossilisant le profil sous des décimètres de sables peu colorés (car vannés), donne naissance à de pseudo Ferrugineux. Finalement le diagnostic est souvent incertain, si bien que la

plupart des séries de sols sableux ont été regroupés sous deux Faciès, l'un Brun Rouge, l'autre Ferrugineux Peu Lessivé, le premier plus septentrional et incluant des séries douteuses érodées (Nord de 14° 40').

Nous avons regroupé les Séries par matériaux (sous-familles), correspondant chacun à un type de modelé, ce qui est cartographiquement très avantageux :

- sables quartzeux très pauvres en argile et limon = sables des ergs récents.
- sables quartzeux = sables des ergs anciens sur Birrimien.
- sables quartzeux à éléments d'arène granitique = sables des ergs anciens sur granite
- sables argileux = sables de remblai.

IIIB-3 SOLS BRUN ROUGE SUBARIDES PEU DIFFERENCIÉS SUR SABLES QUARTZEUX TRÈS PAUVRES EN ARGILE ET LIMON

B3-1 Séries Rubéfiées (cf. Nig. Occ., t.2, pp. 203-212).

31-1 Cadre général d'évolution

Modelé - Les 'ergs jeunes' du Gorouol font partie de massifs dunaires importants ayant leurs racines sur la rive Ouest du Niger. Ils sont formés de cordons orientés E. SE-W.NW (313 G.) s'infléchissant vers l'Ouest à leur extrémité occidentale. Largés d'environ 1 km, longs de plusieurs dizaines de kilomètres, avec des solutions de continuité dues parfois à des vallées les recoupant, ils présentent une section transversale assymétrique, avec un front Nord plus raide (3-6,5 %) et court que le revers Sud (0,5 %) qui a plutôt l'aspect de 'plaine sableuse'. Leur surface, et surtout la crête, est déformée d'ondulations secondaires (2-5 m), ou de dépressions cratériformes (Ø 100 m) groupées en champs (FANFARA SUD), dues à des remaniements éoliens tardifs. Les cordons s'organisent en massifs complexes près du fleuve, s'effilochant vers l'Ouest. Il existe l'amorce d'une disposition semblable en rive Ouest du Gorouol. Les ergs jeunes se placent souvent sur la frange Nord de l'erg ancien, d'orientation E-O. (Dolbel Est).

Erosion - Buttes et dépressions mentionnées ci-dessus sont les témoins de reprises éoliennes anciennes de l'erg jeune. Actuellement l'érosion éolienne ne peut agir que si les sables ont été préalablement mobilisés par un autre agent que le vent. Cette mobilisation est aisément produite par le piétinement, l'érosion hydrique, la culture, l'activité de la faune du sol. Communément cela se limite à la formation d'une nape de sables particulière en surface (2-6 cm), de nebkas autour de touffes. Mais sur les cordons surpécourés du Sud du Gorouol cela va jusqu'au remaniement complet des horizons de surface, sur plusieurs décimètres. Les crêtes peuvent être ravivées, se signalant de loin par leur teinte rougeâtre, près des pistes et campements (GAYA Sud). L'érosion hydrique se manifeste parfois sur le front raide par des nappes ravinantes mettant à nu le B de couleur qui prend alors un aspect brun rosé et luisant caractéristique. Les fousseurs, rongeurs et autres, provoquent un brassage permanent des profils, surtout sur les points hauts. Dans leur ensemble les sols des ergs jeunes du Gorouol sont très dégradés, surtout du fait de la surcharge en bétail.

Végétation - C'est, comme il est habituel sur les ergs jeunes, une steppe herbeuse vivace à gros touradons d'Aristida longiflora, plus rarement d'Hyparrhenia dissoluta (Dolbel Ouest), dominant un tapis annuel à Cenchrus biflorus, Ctenium elegans, Eragrostis sp., Aristida sti-

poides, *Loudetia hordeiformis*, semé de diverses herbacées: *Chrozophora Brocchiana*, *Cassia mimosioides*. Quelques arbres çà et là: *Combretum glutinosum*, *Terminalia Avicennoides*, *Balanites Aegyptiaca*.

Utilisation - ces ergs ne sont que rarement cultivés (pénicillaires) et servent surtout de pâturages; comme ils sont fréquemment proches des points d'abreuvement de saison sèche (Niger, Beli, Gorouol), ils sont excessivement piétinés. Les crêtes, aujourd'hui désertes, portent souvent les restes d'habitats permanents, les uns relativement récents (cendres, poteries), comme au S.O. de Dolbel, les autres plus anciens (éclats de quartz).

31-2 Etude Morphologique

Les ergs jeunes portent trois types de sols: les Brun Rouge (plus généralement les sols à B de couleur), les Sols Peu Evolués d'Apport éoliens, les Sols Bruns à drainage réduit. Les premiers recouvrent l'essentiel des massifs dunaires, principalement les revers Sud, peu pentus. Les seconds, issus de la destruction des premiers, s'observent sur les buttes parsemant les crêtes. Selon l'ancienneté du remaniement leur aspect va de celui du sol minéral brut (actuel) à celui d'un Brun Rouge peu évolué (épisodes arides les plus anciens). Ces sols peu évolués sont fréquemment associés à des sols anthropiques, ce qui suggère une contribution déjà vieille de l'homme à l'érosion éolienne de ces ergs. Les Sols Bruns, déjà étudiés (in IIIAI-I), s'observent dans les dépressions.

Brun Rouge, Type : GA 50 KOURKI Site : replat sommital de
 Lat : 14° 32' 45" N cordon.
 Long : 0° 22' 30" E

Surface : 2 cm de sables déliés.

- 0 - 7 cm : 7,5 YR 4,5/4, brun ocre, nombreux remplissages rougeâtre (remontées biologiques); sableux; légèrement feuilleté, localement nuciforme; cohésion moyenne; porosité interstitielle; chevelu abondant.
- 7 - 20 cm : 7,5 YR 4/5, ocre brun; sableux; débit régulier; cohésion moyenne à faible; porosité interstitielle.
- 20 - 54 cm : 5 YR 4/6, rouge jaunâtre; débit légèrement mamelonné; cohésion faible; légèrement plus poreux;
- 54 - 100 cm : horizon de transition, de teinte plus claire (contraste faible, toujours sableux, à débit régulier et cohésion faible.
- 100 - 180 cm : horizon de transition, plus clair et jaunâtre, presque particulière.
- 180 - 210 cm : 7,5 YR 6/6, jaune rouge très pâle; sableux; débit très régulier et cohésion très faible (= particulière).

Interprétation :

- 0 - 20 cm : Horizons humifères légèrement décolorés; A1 de 0 à 7 cm. Non cimentés; structure peu développée formée par érosion superficielle (feuilletage) ou action des racines (nuciforme).

20 - 54 cm : B de couleur; début de cimentation des grains de sables (débit).

54 - 180 cm : transition au matériau

180 cm : matériau, sables particulières.

Résumé et variantes (14 profils) :

- succession des horizons : plus souvent deux (10 cas) qu'un seul horizon humifère (4 cas); un B de couleur passant graduellement au matériau, ce dernier défini par une couleur constante, quelle qu'elle soit, et une structure particulière (débit régulier, cohésion très faible).

- épaisseur :

profil (sommet du matériau):	110 - 190 cm, médiane 159 cm.
premier horizon humifère	: 7 - 18 cm, médiane 12 cm.
second " "	: 6 - 15 cm, médiane 11,8cm.
ensemble humifère	: 17 - 30 cm, médiane 22,5cm.
sommet du B de couleur	: " " "
épaisseur du B "	: 30 - 115 cm, médiane 61 cm.

- profils remaniés : certains profils (2 cas sur 14) sont enfouis sous des apports éoliens plus ou moins récents; l'homogénéisation par la faune fouisseuse crée alors des horizons supérieurs décolorés anormalement épais : 48 - 60 cm. Les gros terriers, creusés surtout au niveau du B de couleur, bouleversent fortement l'agencement des profils.

- couleurs :

A1 : nuances de brun, brun jaune, brun ocre : 7,5 YR 5/5 à 6 - 4/4. - 4,5/4.

second horizon : même teinte ou légèrement plus clair.

B de couleur : le plus souvent rouge jaunâtre (10 cas) 5 YR 4/6-8 et 5/6-7; parfois jaune rougeâtre (= brun vif) 7,5 YR 5-6/6;

Matériau : Jaune rougeâtre clair 7,5 YR 5/6,5 - 5/6 - 6/6 - 6/8, dans un cas 5 YR 6/8; dans le cas des sols à B 7,5 YR on passe à la couleur du C par un léger éclaircissement (0,5 unité)

- texture :

uniformément sableuse

- structure :

peu développées

A1 : feuilleté, nuciforme, ou débit régulier à mamelonné; cohésion faible ou moyenne à faible.

B : débit régulier à légèrement mamelonné; cohésion faible ou moyenne à faible.

C : débit régulier, particulière ou cohésion très faible à faible.

- porosité :

le plus souvent interstitielle, rarement semi-tubulaire (2 cas) vers le B; bien développée, maximum dans le B.

Les divers Sols d'Apport montrent, sous un A1 comparable à celui des sols développés, un profil de teinte homogène, le plus souvent 7,5 YR, sans variation de structure décelable. Les sols anthropiques sont formés de niveaux gris, cendreaux, coiffant des sables remaniés de même aspect.

31-3 Etude analytique (voir tableau)

Matière organique : bien que médiocrement pourvus, ces sols sont néanmoins plus riches en matière organique, d'environ 30 %, que la moyenne des Brun Rouge peu différenciés du Niger. Les C/N sont faibles, comme dans tous les sols sableux bien drainés du Niger.

Texture : la propriété essentielle de ces sols, qui explique leur faible degré de différenciation structurale, leur sensibilité à l'érosion, la faiblesse des réserves en eau et bases, la spécialisation de leur végétation, est la faiblesse des taux d'argile et limon, caractéristique des ergs 'jeunes'. Dans 5 cas sur 6 le sol en est plus riche que le matériau. Les sables fins dominent : 50-70 %, contre 25-45 % de sables grossiers; les tailles les plus fréquentes sont comprises entre 0,2 et 0,3 mm.

Bases : en très médiocres quantités, à cause de la texture; se concentrent en surface (végétation); dominance de Ca; un profil sur deux est saturé, au moins en surface.

pH : décroît vers la base, parallèlement aux bases; franchement acide dans le matériau, parfois presque neutre en surface.

Propriétés physiques : pas d'agrégats mais perméabilité assez bonne à cause de la texture; réserves en eau très faibles : 18-32 mm/m, dont 7-15 mm/m d'utilisables.

31-4 Conclusions

La pauvreté texturale du matériau de ces sols y interdit les cultures, dont la réussite y dépend trop étroitement du rythme pluviométrique. Ce sont des terrains de parcours, faute d'autre utilisation possible. La composition floristique des pâturages n'est pas bonne, les espèces vivaces, peu consommées, dominant. D'autre part, si la surpéculation des ergs longeant le Gorcuol paraît avoir favorisé le Cenchrus, bonne espèce, elle maintient l'érosion éolienne. Les résultats analytiques montrent que cette dernière n'a pas d'effets mesurables sur la moyenne des sols. Elle doit cependant être contrôlée :

- il existe déjà des surfaces de sables vifs inutilisables.
- certains aspects du modelé (buttes, dépressions cratériformes) indiquent que l'érosion éolienne connaît des paroxysmes, probablement au cours d'années sèches, capables de stériliser de vastes surfaces.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIÉS
SÉRIES RUBÉFIÉS NON STRUCTURÉS

		5 cm	20 cm	50 cm	100cm	150cm	190cm
MATIÈRE ORGANIQUE %	Maximum	0,36	0,31	0,21	0,16	0,12	0,11
	Médiane	0,30	0,24	0,16	0,14	0,10	0,08
	Minimum	0,21	0,195	0,14	0,11	0,07	0,04
C/N	Maximum	11,4	10,6	9,8	8,4	7	6
	Médiane	10	9	8,4	7	6	5,8
	Minimum	9	8,4	7	6	6	5
AZOTE %	Maximum	0,21					
	Médiane	0,18					
	Minimum	0,16					
PHOSPHORE %	Maximum	0,14					
	Médiane	0,12					
	Minimum	0,07					

	En Surface	Dans le B	Matériau
Argile + Limon	3,2-4-4,9	3,2-4,6-6,5	2 - 3 -4,7
Bases			
Ca échangeable méq/100	0,6-1,1-1,7	0,3-0,75-1,4	0,02-0,2-0,56
Potassium échangeable	0,05-0,06-0,2		
Somme (S) " méq/100	1,16-1,75-2,9	0,96-1,3-2,3	0,36-0,8-1,1
Capacité d'éch. "(T)	1,2-1,75-3,1	1,2-1,8-2,8	0,56-1,1-1,5
Saturation (S/T) %	66-93-100	71-86-100	28-80-100
PH	5,5-6,1-6,8	5,1-5,25-6,3	4,9-4,9-5,6
Humidité équivalente %	1,1-1,6-2,2		
Eau utilisable %	0,5-0,7-1,0		
Instabilité struct. (IS)	0,26-0,5-0,63		
Perméabilité cm/h	0,8-1,9-3,6		

B3-2 Séries Rubéfiées, légèrement structurées (cf. Nig. Occ., t. 2, pp. 216-219.)

32-1 Cadre général d'évolution

Ces séries font transition, par leur morphologie, entre les sols peu différenciés et les sols évolués. Il en est de même des modèles correspondants, qui, par leur forme, leur orientation, ressemblent aux ergs anciens, mais, par leur relief, leur sensibilité à l'érosion, aux ergs récents. Sur nos cartes on observera :

- l'erg de Ouanzerbe, large de 4-5 km, orienté Est-Ouest, il est formé par la coalescence d'une multitude de dunes rondes individualisables seulement sur photos par le réseau 'réticulé' des dépressions interdunaires où se concentrent les arbustes. Sur le terrain on ne voit qu'un moutonnement confus de croupes sableuses hautes de 4-5 m avec des pentes faibles, de l'ordre du $\frac{1}{2}$ °. Il est très dégradé par le piétinement, l'érosion éolienne et hydrique: la surface en est formée de plages de sables déliés (7 cm), de nebkas, de zones décapées par le ruissellement. Autour de Ouanzerbé existent de petites buttes ravivées et, au Sud-Est, un secteur fortement raviné par les eaux collectées de petits reliefs rocheux et cuirassés.

- les zones de transition des cordons (erg jeune) aux plaines sableuses; ce sont des ergs, parallèles aux cordons (E.SE-O.NO) qui les frangent vers le Nord, et les raccordant topographiquement aux plaines sableuses sur granites. Ils sont étroits (1-2 km), leur surface est très aplanie, mordue çà et là par des plages d'érosion hydrique.

La végétation est formée d'une savane très lâchement arborée sur les croupes, plus dense dans les dépressions (aspect réticulé), à tapis herbacé le plus souvent annuel :

arbustes : Combretum glutinosum, Commiphora Africana, Acacia senegalensis (granites), Balanites Aegyptiaca, Terminalia Avicennoides.

graminées: Cenchrus biflorus, Eragrostis sp., Aristida mutabilis (granites), pour les annuelles; Aristida longiflora, Andropogon sp. Aff. Gayanus, pour les vivaces.

Divers : Borreria, Chrozophora, Leptadenia....

Nous n'y avons observé que des terrains de parcours.

32-2 Etude Morphologique

Ce sont toujours des sols à B de couleur, cet horizon possédant une structure moins faiblement développée que dans les ergs jeunes, sans l'être au tant que dans les ergs anciens; c'est ainsi que le débit peut être franchement mamelonné, mais la cohésion reste faible; inversement le débit peut n'être que régulier, mais avec une cohésion moyenne. Les horizons de surface sont très variables dans leur épaisseur, soit qu'ils paraissent rapportés (horizons de nebkas), soit qu'ils soient décapés; le choix des types en est rendu assez arbitraire.

Type : GB 31 BOUNDIERE

Lat : 14° 44' 50" N

Long : 0° 27' 0" E

Site: ondulations peu perceptibles.

Surface : 2 cm de sables déliés.

- 0 - 7 cm : 7,5 YR 4/4, brun rougeâtre; sableux; nettement feuilleté (5 mm) localement particulière; cohésion moyenne à faible compact.
- 7 - 22 cm : 7,5 YR 5/6, brun plus vif; sableux; débit légèrement mamelonné cohésion moyenne à faible; porosité semi-tubulaire très fine bien développée;

- 22 - 52 cm : 5 YR 4,5/8, rouge jaune; sableux; débit nettement mamelonné; un peu plus cohérent; moins poreux.
- 52 - 128 cm : 7,5 YR 5/8, jaune rouge; sableux; débit plus régulier, cohésion faible; porosité interstitielle.
- 128 - 177 cm : horizon de transition
- 177 - 210 cm : 10 YR 6,5/6; sables jaune très clair, particuliers.

A l'Ouest d'Ouanzerbé une coupe a montré :

- en haut de pente un profil à horizons superficiels épais (30 cm), brun rougeâtre (7,5 YR 4/4), à B peu coloré, jaune rouge 7,5 YR 5/6, à débit mamelonné et cohésion faible, avec matériau légèrement plus clair à 180 cm.
- à mi-pente un profil décapé, à horizons humifères de 15 cm seulement, toujours brun rougeâtre, à B rouge jaune (5 YR 4/8, très mamelonné mais à cohésion faible, passant à 140 cm à un ancien niveau d'engorgement de nappe jaune 10 YR 4/4, légèrement durci au sommet, et à 150 cm à des sables blancs 10 YR 6,5/4, ancien magasin de la nappe.
- dans l'interdune un sol brun à drainage réduit, gris en surface ((15 cm, 10 YR 5/3,5), brun ocre dans la masse (15-72 cm, 7,5 YR 4/4), passant à 120 cm à des sables blancs à raies brun ocre.

La présence à mi pente du sol le plus coloré a souvent été constatée; on suppose que le profil de haut de pente a été en fait plus fréquemment remanié par action éolienne. Le profil brun de bas de pente serait du à la réduction de drainage.

32-3 Etude analytique (voir tableau)

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIES. SERIES RUBEFIES LEGEREMENT STRUCTUREES.

	En surface (5 cm)	Dans le B 40-45 cm)	Dans le matériau (200 cm)
MATIERE ORGANIQUE ‰ C/N	0,32-0,43 10	0,16 8,2-7,5	0,05-0,07 4,4
AZOTE ‰	0,18-0,25		
PHOSPHORE ‰	0,19-0,10		
ARGILE + LIFON ‰	5,7-5,2	7,0-5,4	5,2-3,5
BASES			
Ca échangeable méq/100	0,9-1,1	1,1-1,1	0,46-0,47
K échangeable	0,04-0,06		
Somme (S) "	1,6-2,6	2,5-2,1	1,0-0,9
Capacité d'échange (T)	1,55-2	1,7-2,2	0,9-1,7
Saturation (S/T ‰)	plus de 100	plus de 100-94	100-55
pH	5,5-5,7	5,6-5,8	5,5-5,6
Instabilité (IS)	0,6		
Perméabilité (cm/h)	2,9-3,9		
Humidité équivalente ‰	1,8		
Eau utilisable ‰	0,8		

28 - 58 cm : 2,5 YR 4/8, rouge; débit très mamelonné; cohésion moyenne; même porosité.

58 - 175 cm : 5 YR 5/8, jaune rouge; toujours sableux; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne; porosité plus fine, réduite.

175 - 200 cm : 5 YR 5,5/8, jaune rouge clair; sableux; débit régulier; cohésion moyenne.

Comme caractéristiques on notera le débit accusé du B de couleur, lui même très rouge (2,5 YR), ce dernier caractère fréquent dans les sables recouvrant les roches vertes Birrimiennes, ou encore dans les 'jupes' sableuses entourant les affleurements de gabbros intrusifs (non cartographiés).

Les variations morphologiques dépendent surtout de processus d'érosion ou de remaniements déjà anciens et avancés en certains secteurs:

- en s'approchant du cordon (sols peu différenciés) méridional les profils sont moins colorés (B 5 YR) et surtout souvent coiffés d'horizons éoliens rapportés de nebkas, par ailleurs parfaitement fixés. Ainsi le profil GB 61 (Kolman Ouest) est formé sur les 65 centimètres supérieurs de sables brun 7 YR 5/6 à cohésion faible pénétrés d'un fort chevelu racinaire.

- vers les glacis Birrimiens les profils sont au contraire de plus en plus décapés, le placage sableux résiduel restant très coloré et assez bien structuré.

- l'extrémité Est de l'erg, sur granites, mince et étirée, est formée de sols à B très peu coloré jaune rouge 7 YR 5/6, à débit très irrégulier de cohésion moyenne, avec sommet partiellement rapporté (nebkas), et base parfois durcie. Nous ne les avons pas cartographiés séparément pour simplifier.

- propriétés analytiques (cf. tableau)

Profil peu organique (cultures), mais avec taux d'éléments fins, réserves en bases et eau correctes (pour un sol sableux); modérément désaturé et acide.

- Utilisation : très bonnes terres à pénicillaire; fertilité compromise par la baisse du stock organique.

41-2 Série rubéfiée éolisée: le désert d'OUSSA OUEST

A l'Ouest d'OUSSA, sur plusieurs kilomètres carrés, existent une plaine de sables vifs, couverte de ridules éoliennes, d'aspect parfaitement désertique, dépourvue de végétation en dehors de quelques *Combretum glutinosum*. L'existence de ce petit désert est anormale sous cette latitude et ne peut s'expliquer que par le séjour trop prolongé des troupeaux, retenus par la proximité du Gorouel, de deux mares, et de terrains de parcours très variés (sols bruns alcalisés, sols sur cailloutis, alluvions) mais n'offrant pas de sites de campement aussi favorables.

L'examen morphologique montre des horizons supérieurs, enfouis sous une épaisse couche de sables déliés, très épais, signe de remaniements très prononcés et déjà anciens :

Type : GB 97 OUSSA
 Lat : 14° 45' 35" N
 Long : 0° 46' 50" E

Surface : ridules éoliennes.

- 0 - 10 cm : sables déliés.
- 10 - 20 cm : 7,5 YR 5/5, gris brun; sableux; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne; très compact.
- 20 - 35 cm : 7,5 YR 5/6, brun jaune, débit plus irrégulier, un peu plus poreux, cohésion moyenne à faible.
- 35 - 57 cm : brun jaune plus vif; toujours sableux; débit mamelonné; cohésion moyenne à faible; porosité semi-tubulaire très fine et bien développée.
- 57 - 106 cm : 5 YR 4,5/8, jaune rouge; toujours sableux; débit mamelonné; cohésion faible.
- 106 - 157 cm : transition
- 157 cm : 10 YR 6/6, blanc jaunâtre très clair, sableux, cohésion très faible.

Le reste de la morphologie se rapproche de celle de la Série suivante, située sur l'autre rive de Gorouol, ce qui coïncide avec une identité texturale.

Ces sols, à faibles réserves (cf. tableau), offrent un parfait exemple de dégradation pastetale aboutissant à la stérilisation. Cette dernière est vraisemblablement temporaire et devrait cesser si ce petit terroir était mis en défense; en effet les propriétés analytiques du sol remanié (0-57 cm) sont identiques à celles d'un sol en place de même texture. Ajoutons que ces sols peuvent donner de médiocres terres à mil.

41-3 Série rubéfiée à base jaune: la plaine de FANFARA

En rive Sud du Gorouol, vers le confluent, on remarque une vaste plaine sableuse perchée de 6 m environ au dessus des alluvions du Gorouol. Au contact de ces derniers, les sables, alors amincis à 1 m par érosion régressive, reposent sur une formation plus ancienne, de cailloutis ferruginisés. Vers l'intérieur cette plaine est limitée par un erg jeune, qui la domine d'un cordon continu (+ 7-12 m). On observe une disposition semblable, avec les mêmes sols, plus en amont vers KOLMAN SUD, et vers BOSSE BANGOU EST. Elle suggère évidemment d'anciennes zones d'épandages sableuses, mais le modelé superficiel, l'homogénéité des sables, indiquent des remaniements éoliens ultérieurs.

La végétation est formée d'une prairie à Cenchrus biflorus, Aristida longiflora, dominée par quelques Combretum glutinosum. C'est en fait une vaste jachère, l'ensemble étant couvert de pénicillaires en 1964.

Type : GB. 82 OUSSA
 Lat : 14° 44' 30" N.
 Long : 0° 47' 0" E.
 Cote : 228 m.

Surface : légères ondulations; 4 cm de sables déliés.

- 0 - 8 cm : 7,5 YR 4/3, gris brun; sableux; feuilleté (5 mm); cohésion moyenne à faible. Peu poreux.
- 8 - 28 cm : 7,5 YR 4/4, brun ocre; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne; très finement poreux.

- 28 - 65 cm : 5 YR 4/8, jaune rouge; débit régulier; cohésion plus faible; porosité semi-tubulaire très fine.
- 65 - 145 cm : teinte plus jaune, un peu plus compact;
- 145 - 180 cm : 7,5 YR 5/8, jaune foncé; sables à cohésion très faible.

Cette série, peu structurée (cf. texture), à base jaune (= action présumée de nappe) est en fait fort proche des 'Brun Rouge Peu Différenciés des vallées sèches' (cf. Nig. Occ., t. 2, pp. 213-215), sols des larges vallées ensablées sans nappe très proche de la surface, du Niger. Cependant la granulométrie des sables est celle des ergs.

Les analyses montrent de faibles réserves en bases (texture) et matière organique (prélèvement après un an seulement de jachère).

Ces sols ne sont, intrinséquement, que de médiocres terres à mil mais leur situation topographique particulière, améliorant sans doute le régime hydrique, leur vaut d'être cultivés.

41-4 Série rubéfiée à base jaune: YATAKALA EST

Autour de Yatakala, en bordure du Gorouol, une formation sableuse très aplanie longe le Gorouol, en raccordant topographiquement un gros erg aux alluvions du Gorouol d'une part, à un bas glacis sur Birrimien d'autre part. Son modelé, à buttes éoliennes aplanies près de l'erg, est subhorizontal le long du Gorouol. La surface en est partout très décapée, tant à cause d'excès culturels anciens que des nombreuses pistes qui y convergent vers le gué de Yatakala. Actuellement cette étendue est à peu près inculte, et couverte de fourrés à *Bauhinia reticulata*, avec quelques *Combretum glutinosum*, et tapis herbacé à *Cenchrus biflorus* et ipomées. Cette unité se prolonge en rive gauche du Gorouol, par des buttes basses, ici encore très dégradées, et dont ceux des interdunes qui longent le Beli sont noyés par les alluvions de ce dernier, d'où l'aspect lacinié de la limite cartographique.

Type : GB 35 YATAKALA
 Lat : 14° 57' 50" N
 Long : 0° 23' 45" E

- 0 - 13 cm : 10 YR 5/5, gris brun; sableux; débit régulier; cohésion moyenne. ancien horizon cultural.
- 13 - 24 cm : 7,5 YR 4/4, brun ocre; sableux; débit mamelonné; cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire bien développée; assez dur; limite l'enracinement à sa base; reste de l'horizon humifère.
- 24 - 45 cm : 5 YR 4/7, brun rouge foncé; sableux; débit mamelonné; cohésion moins forte.
- 45 - 90 cm : brun jaune; sableux; débit régulier; porosité semi-tubulaire cohésion moyenne.
- 90 ...cm : 7,5 YR 5/8, jaune brun; sableux; débit régulier; cohésion moyenne à faible; porosité interstitielle. (= matériau plus action de nappe).

Tout près de la zone d'inondation ces sols deviennent plus foncés par réduction de drainage: B brun ocre 7,5 YR 4/4, AI brun 10 YR 5/3,5. Partout l'horizon humifère peut être très mince (13 cm).

PROPRIETES ANALYTIQUES DES DIVERSES SERIES RUBEFIEES A FACIES BRUN ROUGE
SUR SABLES QUARTZEUX

74 -

	KOLMAN NORD			id. sur granites			OUSSA OUEST			FANFARA			YATAKALA EST		
	A1	B	C	A1	B	C	A1	B	C	A1	B	C	A1	B	C
Matière Organique ‰	0,23	0,09	0,04	0,26	0,16	0,13	0,27	0,11	0,05	0,2	0,16	0,11	0,45	0,29	0,12
C/N	8,1	4,1		5,7	9,2		5,4	4,9		4,9	5,5		6,2		
Azote ‰	0,16			0,15			0,16			0,13			0,28		
Phosphore ‰	0,09			0,08			0,14			0,12			0,11		
Argile + Limon ‰	7,5	16	8	5,7	9,2	11,2	5,9	4,9	4	4,9	5,5	6,5	6,2	17,5	9,2
BASES															
Ca échangeable	1,1	2,4	1,5	1,9	2,7	1,8	1,4	0,9	0,9	1,5	1,5	0,9	1,2	3,2	2,6
K "	0,1			0,06			0,06			0,08			0,3		
Somme(S)"	2,1	3,7	3,4	2,5	3,7	3,0	1,9	1,2	1,3	x	2,2	1,6	2,5	5,6	3,3
Capacité d'échange (T)	2,2	4,7	3	1,9	3	2,3	x	1,2	1,5	1,35	1,7	1,2	2	4,9	2,6
Saturation (S/T ‰)	93	79	100	100	100	100	x	100	86	x	100	100	100	100	100
pH	6,4	6	6,3	6,7	6,9	6,4	6,9	5,5	4,9	6,8	6,5	6,2	6,6	7	7,2
Humidité équivalente ‰	2														
Eau utilisable	0,9									1,9			2,4		
Instabilité (IS)	0,6									0,9			1,4		
Perméabilité cm/h	2,4									2,5			2,0		
Fer libre ‰	6,1	10,2	8,2							5,7	6,7	8,8			
Fer total ‰	15	18,9	21							16,8	19	21			
Fer libre/Fer total ‰	41	54	39							34	34	46			

A1 : Horizon de surface (5 cm)
B : B de couleur (40 - 50 cm)
C : Matériau, ou base du profil (180 cm)

Assez bien pourvus en bases, grâce à une texture convenable (pour un sol sableux), bien situés pour recevoir un appoint d'eaux de ruissellement, ces sols devraient faire de très bonnes terres à mil. Leur restauration serait intéressante, à cause de la proximité de Yatakala. Ils peuvent aussi faire un bon support horticole.

B4-2 Sols à Faciès Brun Rouge sur Sables quartzeux à éléments d'arène granitique (cf. Nig. Occ., t. 2, pp. 240-248).

42-1 Modelé

Ce sont des plaines sableuses à modelé superficiel très uni (Séries foncées), parsemées de petits massifs de dunes basses (Séries rubéfiées). L'ensemble est cloisonné par les cordons des ergs jeunes. Le sous-bassement est formé des granites calco-alcalins arénisés, conservant parfois des lambeaux de sols tronqués et fossilisés par les sables. Leur présence sous jacente se décèle par la présence de feldspaths altérés et de paillettes micacées dans les sables éoliens. Elle coïncide également avec une morphologie particulière (couleur) des sols des plaines sableuses (= anciens voiles éoliens).

Les plaines sableuses sont dans l'ensemble peu érodées; les seuls accidents superficiels en sont quelques plages décapées et des champs de termitières brunes. Les petits massifs dunaires, au contraire, sont très dégradés et couverts de nebkas à divers degrés de fixation.

Les sols des plaines sableuses portent une savane plus ou moins densément arborée à Cymbretum glutinosum, Balanites Aegyptiaca, Acacia Senegal, rarement Sclerocarya Birrea, avec de magnifiques tapis annuels à Aristida mutabilis, Schoenefeldia gracilis, Ctenium elegans, Cenchrus biflorus. Les cultures de pénicillaire y sont fréquentes, mais l'absence d'eau en saison sèche (socle), l'éloignement des points d'abreuvement, y interdisent les habitats permanents et gênent le pâturage en saison sèche. Les massifs dunaires sont couverts d'une prairie à Cenchrus, Ctenium, piquetée des mêmes arbres. Ce sont des pâturages où nous n'avons pas observé de cultures.

42-2 Morphologie : Séries Rubéfiées

Type : GB 65 ALKONGUI

Lat : 14° 43' 40" N

Long : 0° 35' 50" E

Site : sommet aplani d'ondulation éolienne.

- 0 - 52 cm : Horizons éolisés (nebkas) fixés.
- 0 - 30 cm : 7,5 YR 5/5; brun rougeâtre; sableux; débit nuciforme ou feuilleté; cohésion faible; porosité interstitielle; chevelu racinaire abondant.
- 30 - 52 cm : 7,5 YR 5/5, légèrement plus rouge; mêmes sables; cohésion moyenne; plus compact; moins de racines.
- 52 - 190 cm : Brun rouge tronqué fossilisé.
- 52 - 86 cm : 7,5 YR 5/6, brun rougeâtre vif; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne; porosité interstitielle à semi-tubulaire.
- 86 - 140 cm : 5 YR 4/8, jaune rouge, sableux, débit très mamelonné, cohésion moyenne; des agrégats durcis; porosité semi-tubulaire fine.

- 140 - 158 cm : horizon de transition
 158 - 190 cm : 7,5 YR 5/8; sables jaune clair à cohésion faible.

42-3 Morphologie: Séries foncées à raies, base jaune, taches.

Ces Séries sont très caractéristiques des ensablements de granite, par leurs teintes très régulièrement foncées, qui leur donnent, et à elles seules au Niger Ouest, l'aspect conventionnel des Brun Rouge. Ainsi les horizons des surfaces sont toujours notés bruns, jamais gris ni beige, et les B brun ocre ou rouge foncé. Accessoirement les structures paraissent mieux développées, et la base des profils modifiée par divers traits tenant à un drainage interne réduit (du à l'imperméabilité et à la proximité du socle); durcissement, teinte jaune, taches... La fraction grossière des sables est également révélatrice: gros grains de quartz anguleux, feldspath, paillettes micacée

Type GB 81

Lat : 14° 37' 40" N Site : plaine sableuse.

Long: 0° 41' 40" E

- 0 - 13 cm : 10 YR 5/4, brun; sableux; très feuilleté; cohésion moyenne.
 13 - 28 cm : 7,5 YR 5/5, brun jaune; sableux; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne; fine porosité semi-tubulaire.
 28 - 77 cm : 5 YR 4/8, ocre rouge; débit mamelonné; cohésion moyenne à forte; porosité plus développée.
 77 - 137 cm : 7,5 YR 5/6, passe progressivement au jaune; débit régulier; porosité interstitielle; nettement durci.
 137 - 170 cm : 10 YR 7/6, blanc jaune jaunâtre, quelques marbrures brunes; toujours sableux; débit régulier, cohésion moyenne.

Résumé et variantes :

Horizon de surface : 10 - 22 cm, médiane 17 cm; 7,5 YR 4/4-3 ou 10 YR 4-5/4 (brun) feuilleté et/ou nuciforme; cohésion moyenne; toujours assez compact.

Horizon intermédiaire (parfois absent dans certains sols érodés); 10-18 cm; 5 YR 4/4-5 (brun ocre) et 7,5 YR 5/5 (brun jaune); débit légèrement mamelonné, cohésion moyenne à forte; porosité plus forte, passant au type semi-tubulaire.

B de couleur : 5 YR 4/8, parfois 4/6, ocre rouge foncé; débit mamelonné, parfois polyédrique; cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire parfois très développée; épaisseur: 30-50 cm; sommet vers 28-30 cm (s'il existe un horizon intermédiaire).

Base : vers 77 - 115 cm; aspect variable :

- blanchâtre 10 YR 6/3 avec des raies ocres (1 cm)
- jaune 7 YR 5/6-8, jaunâtre 10 YR 5/5, avec ou sans concrétions manganésifères au sommet, avec ou sans taches rouges (2,5 YR 3/4), parfois durcies, dans la masse; sous l'horizon jaune un horizon décoloré (10 YR 7/6) avec marbrures, raies brunes.

Le débit de ces horizons profonds est très variable, de mamelonné à régulier; leur cohésion est moyenne ou forte; ils sont durcis, au moins au sommet, et peu poreux.

Ces sols reposent sur la roche altérée par l'intermédiaire d'un rog fossile, plus rarement sur des restes de sol argilo-sableux, gris et bruns, très durs et compacts (cf. Rogiques Bruns, in IIIA-32-3).

42-4 PROPRIETES ANALYTIQUES (cf. tableau)

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUN ROUGE SUR SABLES QUARTZEUX A ELEMENTS D'ARENE GRANITIQUE.

	5 cm	20 cm	50 cm	100 cm	150 cm
MATIERE ORGANIQUE %					
Maximum	0,44	0,30	0,17	0,13	0,09
Minimum	0,20	0,13	0,11	0,07	0,06
Médiane	0,26	0,21	0,13	0,10	0,07
C/N					
Maximum	10	10	11	10,6	10
Minimum	6	6	5,2	4	
Médiane	8,6	7,8	6	5,4	5
AZOTE ‰	0,16-0,20-0,25				
PHOSPHORE ‰	0,08-0,10-0,12				
	En surface		B de couleur	Base du profil	
Argile + Limon %	7,7 -8,5 -8,9		9,2 -12,5-15,5	6,7-10-20,2	
" " (nebka)	4,2				
" (profil fossilisé)			11,7	10	
BASES (méq/100 g)					
Ca échangeable	1,6 -1,8 -1,9		2,1 -2,5 -3,1	0,8 -1,7 -5,4	
K	0,08-0,12-0,17				
Somme (S)	2,6 -2,9 -3,2		3,6 -4,6 -5,6	1,7 -4,7,4	
Capacité d'échange (T)	2,3 -2,6 -3,3		3,6 -4,6	2,5 -3,7 -5,6	
pH	6,4 -6,6 -6,7		6-6, 4-6,9	2,5 -3,7 -5,6	
Saturation (S/T %)	91 -98 -100		93-98-100	71-90-100	
Instabilité structurale	0,6				
Perméabilité (cm/h)	3,2				
Humidité équivalente %	2,5		4-6,5		
Eau utilisable %	1,1		1,8-3		

Les taux médiocres de matière organique, et les C/N très bas, sont bien ceux de sols sableux sahéliens. La répartition de la matière organique est variable d'un profil à l'autre. C'est un sol cultivé qui donne les minima ci-dessus; l'épaisseur de son horizon humifère (= zone de décroissance organique rapide) est d'au plus 20 cm (AI morphologique 12cm). Un profil inculte donne les maxima; l'épaisseur de l'horizon humifère y est de l'ordre de 40 cm (AI morphologique 20cm).

Les taux d'argile et limon sont ceux des sables d'orgs 'anciens'. Une fois sur deux le maximum est dans le B de couleur, une fois sur cinq à la base du profil (avec des valeurs anormalement élevées, d'où influence

probable du substrat), le reliquat étant formé de sols où les taux varient faiblement et irrégulièrement sur toute l'épaisseur. Le premier horizon est toujours nettement appauvri. Les sols des petits massifs dunaires (Séries rubéfiées) sont en moyenne plus pauvres : B vers 11,5 %, base vers 10 %; leurs horizons de nekhas (surface) sont très appauvris (vannage).

La granulométrie des sables est bien celle des ergs anciens, les éléments grossiers issus d'arène granitique ne modifiant pas sensiblement la répartition des tailles. Dans les plaines sableuses, le rapport sables fins/grossiers varie de 1,2 à 0,9, dans les petits ergs de 3 à 2, ce qui concorde avec la différence de modelé.

Les taux de fer sont à peine inférieurs (par rapport aux taux d'argile) à ceux des sables sur Birrimien (plus rouges):

GB 81	Surface	B de couleur	Base
Argile %	7,2	9,5	5,7
Fer libre %	0,56	0,72	0,4
Fer total %	1,02	1,83	1,11
Fer libre/total %	55	39	36

Les taux de bases, à dominance calcique, sont bons pour des sols sableux; cependant les taux de K restent infinitésimaux. Leurs variations sont parallèles à celles de la texture, d'une part parce que les coefficients de saturation, proches de 100, ne varient guère, d'autre part parce que les taux de matière organique sont trop petits pour influencer leur répartition (sauf celle de K, concentré en surface). Les pH sont proches de la neutralité; si la base du profil est influencée par le substrat (taux élevé d'argile), le pH dépasse 7. Ces caractères sont également propres aux sols Sahéliens.

Les réserves en eau sont de l'ordre de 75 mm/m, dont 35 mm/m d'utilisables.

42-5 Conclusions

Les propriétés analytiques confirment l'apparence 'subaride' de ces sols, bien que le brunissement apparemment supérieur de ces sols ne se traduise pas par une singularité analytique quelconque; en particulier les taux de matière organique ne sont pas spécialement plus élevés. On peut imputer aux éléments d'arène granitique une richesse en bases légèrement plus grande que la normale. Les Séries foncées sont mieux pourvues que les Séries simplement rubéfiées, à modelé plus franchement éolien.

Les plaines sableuses sont les meilleures terres de culture sèche de la zone cartographiée, tant par leur qualités intrinsèques, que par leur modelé superficiel, par leur état de conservation, leur homogénéité. La pluviométrie réduit cependant les cultures possibles normalement aux seuls pénicillaires. Cependant il conviendrait d'essayer l'arachide dans des sites privilégiés (contact des glacis), mieux approvisionnés en eau. Les dunes basses, souvent très érodées, sont moins intéressantes et devraient être exclues, le cas échéant, des zones d'amélioration agronomique.

B4-3 Sols à Faciès Brun Rouge sur sables argileux

Ce sont encore des sols rubéfiés de plaines sableuses, sans modèle superficiel éolien apparent. Ils se développent, au Nord de la latitude 14° 35', le long du Gorouol, de ses affluents ou du Niger, sur d'assez grandes enclaves (ordre de la dizaine de kilomètres carrés), limitées par les alluvions, qu'elles surplombent de quelques mètres, et des ergs. Lorsqu'on a pu l'établir, la stratigraphie y montre un placage meuble, mince, (souvent moins de deux mètres), sur une nappe grossière détritique tronquant la roche faiblement altérée, schistes ou granite. Le dépôt superficiel est sableux en surface, et toujours sablo-argileux en profondeur, sans qu'il soit possible d'assurer, dans chaque cas, si cette variation texturale est pédogénétique ou seulement sédimentaire. La nappe détritique consiste en blocs frustes, anguleux, de quartz essentiellement, le long du Gorouol, et de galots et sables fluviatiles en bordure du Niger. Bien que rubéfiés, tous les sols de cet ensemble ont un mauvais drainage interne en profondeur se manifestant par des taches et/ou concrétions ferrugineuses, des amas calcaires, le jaunissement ou le durcissement. Ils paraissent généralement remaniés, le ou les niveaux organiques paraissant exagérément minces ou bien rapportés sur d'anciens B tronqués. Certaines aires (Dolbol, Ouangerbe) sont soumises à une érosion hydrique laminaire importante. La végétation est typiquement Sahélienne, peu vigoureuse, et dénote une mauvaise humectation des sols, en relation avec le ruissellement superficiel. Elle est formée de steppes d'épineux (*Acacia Raddiana*, *Balanites Aegyptiaca*) à tapis herbacé annuel ras (*Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*). Les cultures (mil) n'y sont jamais que sporadiques et ces sols fournissent surtout des terrains de parcours, surpécourés à cause de leur proximité du Gorouol et tôt épuisés à cause de la nature de la strate prairiale. On l'examen des sols révèle des traces de cultures récentes (horizon travaillé à la houe) et des évidences d'occupation anciennes (sépultures Gourmanche, vers XIII^e). Cet abandon pourrait s'expliquer jadis par un état d'épuisement et d'érosion extrême des sols, actuellement par de mauvaises conditions d'humectation, entretenues par le piétinement des troupeaux.

43-1 La Série de KOLMAN, rubéfiée, à base jaune

Modèle : elle est située au Nord du Gorouol, de part et d'autre de cette localité, où elle forme des sortes de banquettes étirées le long des alluvions, qu'elles dominent de 2 à 5 m, ainsi qu'une enclave isolée autour d'un affluent. La pente transversale, faible, est de l'ordre de 0,9 ‰. Vers l'intérieur ces plaines passent à des ergs anciens (cf. IIIB 41-1) ou sont dominées par un cordon dunaire à sols jeunes. On peut les interpréter comme d'anciens remblais fluviatiles peu éolisés. La surface en est soit rigoureusement plane, soit très faiblement ondulée, et semée de grosses termitières brunes. Les traces d'érosion hydrique actuelles y sont limitées et, dans l'ensemble, c'est cette unité qui est la mieux conservée. Le substrat est schisteux, sauf à l'extrême Est, où apparaissent des granites (avec filons de gabbros intrusifs).

Végétation : Steppes arbustifs à *Acacia raddiana*, *Balanites Aegyptiaca*, *Bauhinia reticulata* (près du Gorouol), *Combretum glutinosum* (rare); tapis annuel à *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus* (cultures).

Utilisation : En 1965 il n'y avait de cultures que tout à l'Est, le reste étant inculte depuis longtemps.

Morphologie

Type : GB 71 ALKONGUI Site: 1/3 supérieur de la banquette, à
 Lat : 14° 44' 50" N 1000 m des alluvions. Inculte.
 Long : 0° 40' 30" E
 Cote : 229 (base de la banquette : 224; alluvions: 222)

Surface : très plane, brun rouge foncé; des termitières brunes.

- 0 - 4 cm : 7,5 YR 4/3, gris brun; sableux; feuilleté; cohésion moyenne.
- 4 - 10 cm : 7,5 YR 4,5/4, brun; sableux; débit régulier à nuciforme; cohésion faible.
- 10 - 30 cm : 7,5 YR 4,5/4, brun un peu plus rougeâtre; sableux; débit légèrement mamelonné; cohésion faible à moyenne.
- 30 cm : Contact brutal
- 30 - 53 cm : 5 YR 4/6, rouge jaunâtre foncé; sablo-argileux; débit polyédrique; cohésion moyenne, avec agrégats durcis; porosité semi-tubulaire fine et bien développée; assez dur.
- 53 - 135 cm : 7,5 YR 4/4, brun; un peu plus argileux; débit plus large et plus anguleux; cohésion forte; plus compact; dur.
- 135 - 180 cm : 10 YR 5/8, brun jaunâtre; moins argileux; débit mamelonné; cohésion moyenne; porosité interstitielle.

Interprétation :

- 0 - 30 cm : phase sableuse rapportée (éolienne ?) avec formation d'horizon humifère de type subaride :
 - 0 - 4 cm : humifère, compacté (piétinement); remanié (ruissellement)
 - 4 - 10 cm : humifère, développement radiculaire maximum; probablement cultural.
 - 10 - 30 cm : moins humifère, déjà faiblement rubéfié.
- 30 - 180 cm : Paléosol rubéfié, lessivé (B textural 53-135 cm), tronqué, fossilisé; ancien Ferrugineux Peu Lessivé.

Caractéristiques de la Série :

- B rubéfié assez foncé, 5 YR 4/6-8, sablo-argileux, actuellement mince (20-30 cm); débit polyédrique ou polyédrique en assemblage compact; agrégats durcis; cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire moyennement ou bien développée.
- base brun 7,5 YR 4/4 -5/6, puis jaunâtre 10 YR 5/8-6/5; B textural dans le niveau brun; maximum de cohésion dans l'un ou l'autre niveau (forte); débit se régularisant vers la base, où la porosité n'est qu'interstitielle; parfois concrétions tendres rouges dans le niveau jaune.
- sommet sableux, pouvant être rapporté, épais de 20-30 cm, brun (7,5 YR 4-4,5/3-4), feuilleté sur 4-5 cm, puis à débit légèrement mamelonné.

Séries voisines

Nous avons cartographié avec cette série des sols à B rubéfié relativement bien structuré, sommet remanié, base modifiée par un mauvais drainage interne, se développant sur des plaines sableuses en bordure du Gorouol:

- Série de la plaine de Ouanzorbé Sud-Ouest : B textural rouge brun 5 YR 4/6 visible dès 20 cm, où il présente des raies; moins argileux que ci-dessus, débit très mamelonné, cohésion forte; base brun jaunâtre (vers 160 cm) très dure.

- Série de KOLLAN SUD-OUEST, forme un mince liseré en rive Nord; B comparable à celui de la Série de Kolman, plus foncé (5 YR 4/4), maximum textural à la base du profil (160 cm) qui n'est que marbrée de brun jaune.

Propriétés analytiques (voir tableau)

Texture :

Les taux d'argile croissent jusqu'à un niveau sous jacent au B de couleur, particularité qu'on observe habituellement sur des sols ferrugineux nettement plus lessivés et épais, ou encore sur des sols ferrugineux à substrat peu perméable. Cette répartition est donc vraisemblablement due au lessivage. Le profil de Ouanzorbé Sud-Ouest fait exception, la répartition y est celle d'un sol lessivé (?) tronqué jusqu'au B puis fossilisé. Les horizons de surface, fortement appauvris, possèdent aussi des sables plus grossiers que le reste du profil (3 cas sur 4). Les horizons jugés remaniés de par leur morphologie sont dans ce cas, mais l'inverse n'est pas vrai. Un seul profil paraît relativement homogène quant aux sables. La taille moyenne de ces derniers varie fortement d'une plaine sableuse à l'autre. Les plus fins sont vers l'aval du Gorouol.

Matière organique

Des taux médiocres, mais relativement bons pour des sols sableux. Le profil de Ouanzorbé est très pauvre, ce que corrobore l'aspect clairsemé et peu vigoureux de son couvert végétal. Les C/N sont bas, comme il est habituel à cette pluviosité.

Bases, pH.

Les pH, modérément acides en surface, croissent vers la base où ils sont neutres à alcalins, variation fréquente dans les sols à base jaunie (= mal drainés).

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES BRUN ROUGE SUR SABLES ARGILEUX DE
LA SERIE DE KOLMAN ET DES SERIES APPARENTÉES

	SERIE DE KOLMAN				SERIES VOISINES			
	AI	(B)	B	Cg	AI	BI	B2	Cg
	5 cm 5	45 cm 35	85 cm 65	175 cm 195	5 cm 5	35 cm 30	70 cm 65	155 cm 175
Matière Organique %	0,47 0,39	0,20 0,27	x 0,11	0,05 0,09	0,31 0,16	0,17 0,12	0,16 0,10	0,13 0,07
AZOTE ‰	0,32 0,29				0,33 0,15			
C/N	8,4 7,6	7,5 7,9	x 4,6	3,3 6,2	5,5 6	5,3 5	5 5	5 5
ARGILE %	6,7 7,7	13,7 19,0	17,5 19,5	10 15,5	5,2 2	9,7 10,3	13 9,2	14 8,8
SABLES FINS %	46 78	45 69,5	41,5 72	41 77	49 53	49,7	47,5 62	43 65,5
SABLES GROSSIERS %	47 14,6	41 10,4	40,0 7,2	49,7 6,5	44 42,5	36,5 23,5	34,5	31,5 20,7
LIMONS %	1 1,7	2,5 3,2	3 3,2	1 3,5	1 1,8	3,2 x	4,5 4,3	9 3,7
Bases échangeables, méq/100g Ca	2,4 2	4,1 4,1	5,8 5	3 4,1	1,7 0,8	3,8 1,1	5,7 1,05	12,6 0,8
Mg	0,7 1,0	3,3 3,4	4,2 2,7	2,4 1,9	0,6 0,46	1,5 1,1	1,9 1,4	2,1 1,4
K	0,15 0,09	0,08 0,05	0,08 0,04	0,06 0,04	0,96 0,04	0,13 0,02	0,11 0,01	0,04 0,01
Na	0,03 0,06	0,02 0,07	0,04 0,20	0,03 0,43	0,03 0,02	0,04 0,03	0,04 0,02	0,14 0,02
Somme	3,2 3,2	7,5 7,6	10,2 7,9	5,5 6,4	3,3 1,3	5,5 2,2	7,3 2,5	14,9 2,3
Capacité d'échange	4,1 2,6	7,2 6,5	10 6,6	5,2 5	3,3 1,6	5,5 3,1		10,9 2,6
Saturation %	78 Sat.	100 Sat.	100 Sat.	100 Sat.	100 83	100 72	x 88	Sat. 87
pH	6,4 6	6,5 6,9	6,7 7,6	7,2 7,8	7,6 6,5	7 5,4	7,3 5,8	7,7 6,1
Phosphore ‰	0,18 0,16				0,14 0,10			
Propriétés Physiques								
Porosité % volume	x 32				41 x			
Humidité équival. % pds	x 2,9 3,1	6,5 8,4			2,8 x	5		
Eau utile % pds.	1,3 1,4	3 3,8			1,3 x	2,3		
Instabilité (IS)	0,8 2,2				0,8			
Perméabilité cm/h	3,5 3,0				1,6			

Note : dans les 'Séries Voisines', chiffre supérieur pour la zone de Kolman Sud-Ouest, chiffre inférieur pour la zone de Ouazzerbé Sud Ouest.

Un horizon de surface, pollué par des cendres, possède un pH et un taux de K anormalement forts. Le sol de Ouazzerbé se singularise encore par des pH plus bas. Les profils étant à peu près saturés, la somme des bases échangeables suit la texture. Le potassium se concentre en surface, et le sodium, s'il n'est pas trop rare, en profondeur. Chaque profil a son équilibre propre entre Ca et Mg, Ca dominant cependant toujours en surface.

Propriétés physiques.

Les réserves en eau sont appréciables, à cause de la compacité et des taux d'argile, de l'ordre de 100 mm/m; dont 45 mm/m d'utilisables.

Equilibres de fertilité

Azote-phosphore : équilibre moyen.

Azote-pH : équilibre médiocre à moyen.

Le sol de Ouazzerbé est pauvre en azote et phosphore, et à basse fertilité potentielle.

Conclusions

Les ressemblances des grands traits de la morphologie, des caractères analytiques, du modelé et de la position topographique, montrent que ces Séries forment un seul ensemble pédo-morphologique. Les variations de la granulométrie des sables et du chimisme suggèrent une origine locale de ces sables (épandages de bas de glaciais).

L'évolution des sols y est caractérisée par ce qui ressemble fort à une illuviation d'argile, par l'immobilisation des bases dans le profil, surtout en profondeur où elle coïncide avec les traces d'un mauvais drainage (séjour d'une nappe très temporaire), par une légère accumulation de matière organique et une faible désaturation en surface. Horizons de surface et horizons de profondeur ne paraissent pas en harmonie; les premiers paraissant de surcroît rapportés, nous supposons qu'on a là d'anciens Sols Ferrugineux Peu Lessivés tronqués et fossilisés.

Cette phase de destruction paraît ancienne, l'horizon supérieur ayant des propriétés normales pour le lieu; l'exception est la plaine de Ouazzerbé, mais c'est aussi celle qui paraît la plus dégradée. Elle est cependant vraisemblablement due (ou déclenchée par) des excès cultureux (site favorable, bonnes terres, restes d'occupation).

Les textures et leur répartition en profondeur, les taux très **suffisants**, pour le lieu, en éléments fertilisants, en font des terres très convenables pour les pénicillaires, l'arachide dans les zones les plus basses (pluviosité marginale). Leur exploitation sur de longues périodes ne paraît pas possible sans fertilisation ni limitation du ruissellement.

43-2 La Série de DOLBEL, rubéfiée, à concrétions

Situation, modelé :

Cette unité, très voisine des précédentes, occupe une plaine sableuse d'environ 14 km² en rive droite du Gorouol, à Dolbel. Sa base domine d'environ dix mètres le thalweg. Le substratum est formé de schistes gris argileux faiblement altérés, tronqués par une mince nappe détritique à quartz

anguleux et débris de cuirasse, cette dernière est concrétionnée, avec des ciments très foncés, et peut affleurer dans de petites incisions sous l'aspect d'une cuirasse ferrugineuse et manganésifère discontinue. Deux mètres environ de sables argileux, granuloclassés, recouvrent l'ensemble. Le modelé superficiel en est fort aplani. La teinte de surface, anormalement colorée, l'existence de nombreuses plages décapées, souvent centrées autour des arbres (bétail) révèlent une érosion accentuée des sols que confirme l'examen morphologique.

Végétation, Utilisation

Elle est couverte d'un peuplement à *Acacia Raddiana* et *Senegal* assez lâche dominant une strate graminéenne souffreteuse à *Cenchrus* et *Schoenefeldia*. Les cultures y sont très clairsemées et localisées en bordures des ergs anciens encadrant la plaine (pénicillaires). C'est essentiellement un médiocre terrain de parcours.

Morphologie :

Type : GA 39 DOLBEL
 Lat : 14° 35' 40" N
 Long : 0° 18' 10" E
 Cote : 249 m.

Surface : sables déliés brun jaune sur 2 cm; plages nues brun rougeâtre autour des arbres.

- 0 - 17 cm : Brun jaune, strié de croûtes pluviales; sableux (0,2 mm); débit mamelonné, cohésion moyenne; feuilleté sur les 6 premiers centimètres; porosité semi-tubulaire très fine et bien développée. Horizon cultural.
- 17 - 71 cm : Horizon rubéfié, illuvial, superficiellement modifié par des actions mécaniques :
- 17 - 35 cm : brun rougeâtre; sableux à sablo-argileux; débit mamelonné; cohésion moyenne à forte; très compact à faible porosité semi-tubulaire. Niveau compacté par piétinement.
 - 35 - 44 cm : 5 YR 4/5, brun rouge foncé; légèrement plus argileux; débit très mamelonné; cohésion moins forte; porosité semi-tubulaire fine bien développée. Zone de développement racinaire important, au dépens de laquelle s'est formé le niveau précédent.
 - 44 - 71 cm : 5 YR 4/4, brun rouge plus foncé; de plus en plus argileux vers sa base; sablo-argileux; débit polyédrique, cohésion moyenne à forte; dur; porosité très réduite et tendant au type tubulaire (0,5-1 mm).
- 71 - 99 cm : Horizon de transition passant au brun jaunâtre; dur.
- 99 - 145 cm : 10 YR 5/4, brun jaune, marbré de gris; plus argileux; débit très mamelonné, cohésion forte; très dur; porosité tubulaire peu développée.
- 145-185 cm : brun grisâtre; même texture (sablo-argileux à argilo-sableux); belles concrétions rondes de moins de 1 cm, noires, à auréoles (halos glaebulaires) rouges ou jaunes; même structure.

185 - 200 cm : nappe de débris de quartz, petits (moins de 1 cm), irréguliers, émoussés, et de rares débris de cuirasse ferrugineuse; emballage brun grisâtre argilo-sableux abondamment concrétionné comme ci-dessus, mais à éléments plus durcis et mamelonnés.

200 cm.... Schistes argileux (shales) gris altérés, leur sommet riche en plaquettes auto-concrétionnées, à centre noir et Auréole ccre.

Enracinement: des radicelles de moins de $\phi = 0,5$ mm jusqu'à 45 cm, puis quelques racines de 1-2 mm.

Termites : nids et galeries de 45 à 180 cm.

C'est un paléosol tronqué, où l'aspect Brun Rouge est conféré par l'érosion. Les restes du B rubéfié et illuvial subissent concurremment un début d'exploitation par les racines, une compaction par piétinement (bétail), un allègement textural superficiel où les cultures (ici délaissées depuis plusieurs années) et le ruissellement jouent leurs rôles. C'est la base qui est le B textural; son mauvais drainage interne se manifeste par ses couleurs, sa compacité, le concrétionnement. La nature des ciments de ce dernier est à rapprocher de celle des plaquettes de schistes auto-concrétionnées sous jacentes. Les profils diffèrent par la teinte de l'horizon de surface (qui peut être brun 7,5 YR 4,5/4), son épaisseur, le degré de transformation du B rubéfié (la zone compactée peut manquer), son épaisseur (peut atteindre 95 cm).

Propriétés analytiques (voir tableau)

On relève :

- des taux de matière organique et des C/N plus bas que dans les Séries précédentes.
- des A nettement appauvris en argile, cette dernière croissant dans les B jusqu'à la base du profil.
- des sables croissant en taille régulièrement vers la profondeur (rapport Sf/Sg de 2,6-2,8 en surface, 1,7-2,3 en profondeur), classement du au mode de dépôt.
- une surface et des horizons rubéfiés modérément acides et une base neutre à alcaline.

Conclusions

Elles seront les mêmes que pour la Série de Kolman, à cela près que la mise en place de ces sables paraît plus nettement proluviale, que l'engorgement de la base des profils y est plus prononcée, et paraît franchement inactuelle pour la pluviosité et le type de végétation, que l'aspect de paléosol tronqué y est plus manifeste.

Ici encore rien ne justifie l'abandon de ces sols en dehors d'un régime hydrique déficitaire du à un ruissellement exagéré. Si ce dernier n'est pas limité la plaine de Dolbel continuera à ne pas valoir grand chose ni pour les cultures ni comme pâturage.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES BRUN ROUGE
SUR SABLES ARGILEUX DE LA SERIE DE DOLBEL.

	A	B11	B12	B13	B2	B3
	5 cm	25 cm	20 cm	95 cm	195 cm	165 cm
Matière Organique ‰	0,23 0,33	0,21	0,18	0,16	0,12	0,11
Azote ‰	0,19 0,29					
C/N	6,8 6,5	5,7	6,7	6,0	5,4	3,5
Phosphore ‰	0,07 0,54					
Argile ‰	5,2 9,7	12,7	10,7	13,5	16,5	17
Limon ‰	1,5 2	4	3,2	5	3 5	
Sables fins ‰	66,8 65,1	55,8	59,6	56	53,5	49,9
Sables grossiers ‰	25,7 23,0	26,3	22,4	25,0	23,0	29,4
Bases échangeables, méq/100 g.						
Ca	1,6 2,9	3,6	3,2	4,6	7,5	5,9
Mg	1 2,4	3,3	2,8	3,2	2,8	3,4
K	0,08 0,13	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06
Na	0,04 0,05	0,04	0,03	0,07	0,19	0,07
Somme	2,73 5,49	6,99	5,06	7,96	10,61	9,38
Capacité d'échange	3,92 5,56	6,75	6,50	7,99	10,43	8,86
Saturation	70 99	100	78	100	100	100
pH	5,2 6,1	6	5,9	6,4	7,5	6,7
Propriétés physiques						
Porosité ‰ volume		27				
Humidité équival. ‰ poids	2,6	5,4				
Eau utile ‰	1,1	2,2				
Instabilité (IS)	1	1,8				
Perméabilité cm/h	1,3	2				

Note : chiffre supérieur, profil GA 39; chiffre inférieur profil GA 40

A : horizon de surface; B11 : B rougi compacté; B12: B rougi poreux;
B13: B rougi normal; B2: B textural brun jaune; B3: B textural gris.

43-3 Les Séries Rubéfiées à amas calcaires. Associations des terrasses du Niger.

33-1 Les Paysages

En rive Ouest du Niger, au confluent du Gorouol, le socle granitique, très aplani, a été tronqué et fossilisé par de minces dépôts fluviatiles dont l'état variable d'éclisaison ou d'érosion définit trois paysages et autant d'Associations de sols :

- au Nord-Ouest, une plaine caillouteuse : les galets de quartz, émoussés plutôt qu'arrondis, patinés de brun en affleurement, très localement soudés en conglomérat par des ciments ferrugineux, forment un mince placage (30 cm) sur le granite peu altéré (blanchi), discontinu, le plus souvent réduit à un reg d'ablation. Les traces de ruissellement superficiel sont importantes, les sols profonds réduits à quelques dépressions grises sur granite, les affleurements de ce dernier nombreux. Le tout porte une brousse arbustive à *Balanites*, *Bauhinia rufescens*, *Dichostachys*, dominée par quelques *Anogeisus leiocarpus*. Il est cartographié en Association à Sols Bruns Alcalisés, Sols Bruns (granite), Regosols sur cailloutis (galets).

- au Centre, une plaine sablo-argileuse : elle est très plate, parsemée d'épandages de graviers de quartz et d'affleurements de granite sain, avec une surface sableuse et brun rougeâtre. Elle est incisée par de curieuses dépressions recti-linéaires, à sols hydromorphes gris et iponés, qui sont probablement d'anciens défluents du Niger reprenant des diaclases du socle. L'ablation de la couverture meuble est avancée et se poursuit par érosion en nappe en bordure du Gorouol, du Niger, et des vieux défluents. Epaisse d'environ un mètre, elle est formée d'un niveau superficiel sablo-argileux à sols rubéfiés reposant sur des galets, ces derniers interstratifiés parfois avec des sables. Du calcaire s'est déposé dans le niveau détritique profond, parfois à la base du sol rubéfié. Au-dessous apparaissent les granites, peu altérés. Les cultures, très denses (pénicillaires, hibiscus), ont fait disparaître le couvert végétal primitif, qui n'est plus représenté que par quelques *Bauhinia reticulata* et *Balanites*. Cette plaine est cartographiée en Association de Brun Rouge à amas calcaires et de Regosols sur cailloutis.

- au Sud une plaine sableuse éolisée : elle est accidentée d'ondulations basses (+ 2 m) et de quelques crêtes franchement dunaires (+ 5 m). La couverture meuble est plus sableuse et épaisse; dans les zones faiblement ondulées on retrouve la phase supérieure à sols rubéfiés, et la phase inférieure calcaire, à galets ou pouvant être formées des mêmes sables que la phase supérieure, dont la sépare cependant une discontinuité structurale. Les crêtes montrent plusieurs mètres de sables éoliens homogènes. Il en résulte une Association de Brun Rouge à amas calcaires (ondulations), Brun Rouge (crêtes), couverte d'une prairie annuelle (30 cm) à *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus*, piquetée de quelques *Combretum glutinosum*, *Balanites Aegyptiaca* (ce dernier surtout dans les points bas). Elle forme un terrain de parcours excessivement fréquenté.

33-2 Etude Morphologique

Les sols dépendent ici très étroitement du drainage et de la texture, tous deux déterminés par le modelé local, lui même fonction du mode de la mise en place des dépôts. Des crêtes dunaires à la plaine sablo-argileuse les Brun Rouge passent d'un type très sableux et bien drainé proche de celui des 'Séries Rubéfiées légèrement structurées (cf. IIIB3-2)' à celui des remblais sablo-argileux précédemment décrits, à B rougi bien structuré et base modifiée par un début d'engorgement (jaunissement, blanchissement). L'accumulation de calcaire dans ces derniers est vraisemblablement due à la présence sous jacente du granite, les sols de 'terrasses' du Niger n'étant jamais calcaire que sur ce support. Une nappe phréatique sous alluviale n'a pu que favoriser cette tendance des granites à la carbonatation.

332-1 Brun Rouge à amas calcaire de la plaine sablo-argileuse

Type : GC 2 DOULSOU
 Lat : 14° 45' 50" N
 Long : 0° 51' 30" E

Surface : sableuse, brun rougeâtre.

- 0 - 26 cm : 10 YR 5/3, brun assez foncé; sableux, les sables hétérogènes; massif; débit mamelonné; cohésion moyenne; porosité semi-tubulaire bien développée.
- 26 - 55 cm : 7,5 YR 5/4, brun rouge foncé; sablo-argileux; polyédrique en assemblage compact; cohésion très forte; porosité semi-tubulaire très grossière bien développée.
- 55 - 100 cm : 10 YR 6/3, blanc jaunâtre; légèrement plus argileux; pseudomycélium calcaire très abondant; des taches rouges; polyédrique en assemblage moins compact; nombreux nids d'insectes.
- 100 - 105 cm : lit de galets de quartz (1-5 cm).
- 105 - 140 cm : sables hétérogènes, bien roulés, blancs marbré d'ocre (10 YR 7/3), moins riches en pseudomycélium calcaire, très compact.
- 140 ... cm : granite peu altéré.

Cette Série peut se définir par trois horizons, un A foncé (Calcium, drainage interne ralenti) bien que peu humifère, appauvri en argile et limon, un B de couleur foncé (drainage interne) nettement plus argileux et structure variant selon la texture (débit mamelonné à polyédrique en assemblage compact), une base jaunie (engorgement) qui est le niveau le plus argileux du profil, avec ou sans pseudomycélium calcaire, ce dernier toujours présent dans la nappe détritique sous jacente. Les types les plus sableux s'observent au contact de la plaine sableuse éolisée. L'ensemble est fort voisin de celui des sols de remblai du Gorouol, avec des teintes plus foncées dues à un drainage interne moins bon et à la plus grande abondance du calcium.

332-2 Les Sols Brun Rouge à base jaune sur sables à pseudomycélium calcaire de la plaine éolisée.

Type : GB 99 DOULSOU Site: zone ondulée dominée de quelques crêtes dunaires; zone basse et plane.
 Lat : 14° 44' 10" N
 Long : 0° 51' 20" E

- 0 - 7 cm : 10 YR 4/2, brun grisâtre; sableux (0,3 mm), quelques feldspaths; sommet feuilleté; débit régulier; cohésion moyenne; très nombreuses racines.
- 7 - 36 cm : 7,5 YR 4/2, brun ocre; sableux; débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne.
- 36 - 68 cm : 5 YR 4/8, brun rougeâtre; plus argileux mais restant sableux; débit mamelonné; porosité finement semi-tubulaire; cohésion moyenne.
- 68 - 100 cm : 7,5 YR 5,5/5; brun jaunâtre; sableux; moins poreux.
- 100 cm : Contact linéaire.
- 100 - 180 cm : sables de même granulométrie, blanc jaunâtre (10 YR 6/3,5), à taches jaunes, et nodules calcaires de 5 mm; très compacts, cohésion forte.

Le profil possède deux horizons supérieurs (A1 et A2) toujours sombres, exceptionnellement épais, un B bien rubéfié, une base jaunie. Selon nous le niveau profond calcaire est un ancien magasin de nappe dont le matériau est une phase distincte de celle du profil proprement dit.

332-3 Les Sols Brun Rouge légèrement structurés des crêtes dunaires.

Type : GC 1 DOULSOU Site : crête dunaire dominant de trois
 Lat : 14° 44' 10" N mètres le site précédent.
 Long : 0° 51' 20" E

- 0 - 25 cm : 10 YR 4/4, brun, brun jaune foncé à la base; sableux débit régulier; cohésion moyenne; sommet très fouillété.
- 25 - 50 cm : 7,5 YR 5/6 (plus rouge); brun jaune vif; sableux; débit mame-lonné; cohésion moyenne; porosité fine, semi-tubulaire.
- 50 - 120 cm : brun jaune pâle; sableux, avec feldspaths; débit régulier; porosité presque interstitielle; cohésion moyenne.
- 120 - 170 cm : 7,5 YR 5,5/6; brun jaune encore plus clair; sableux; débit régulier; cohésion un peu plus forte, porosité franchement interstitielle.

Ce profil ne montre, sous un A légèrement humifère, qu'une amorce de B de couleur (25-50 cm), très faiblement structuré. Il est proche du type de développement des 'ergs récents' et il paraît impossible de l'associer, dans la même chaîne, avec le sol précédent.

33-3 Etude analytique (voir tableau)

Textures : de la plaine sablo-argileuse à la crête dunaire les taux d'éléments fins diminuent en même temps que décroît la grossièreté des sables :

Rapports Sf/Sg : 0,38	, sables interstratifiés avec les galets
0,75	, base du profil de plaine sablo-argileuse
0,99	, sommet " " " "
1,25	, base du profil de plaine éolisé
1,20	, sommet " " "
1,5	, base du profil de crête dunaire
1,12	, sommet " " "

Le profil de plaine sablo-argileuse est granuloclassé, la grossièreté augmentant régulièrement vers la base. Cela est compatible avec l'hypothèse d'une éolisation croissante d'une série sableuse croissant en finesse vers le Sud (aval). Les taux d'argile des profils différenciés croissent jusqu'à la base (Bca ou Bg), comme dans les remblais; il est vraisemblable que cette variation est pédogénétique. Il est inhabituel de retrouver une variation semblable dans le type morphologique de la crête dunaire.

Calcaire : c'est le premier niveau carbonaté qui en est le plus riche; cela pourrait résulter d'une accumulation ascendante par nappe.

Matière organique: encore des taux médiocres dans l'absolu, relativement bons. Pas de corrélation avec le régime agronomique actuel, les sols 'devant' être les plus organiques étant aussi les plus cultivés (plaine sablo-argileuse). La limite inférieure de décroissance rapide de la matière organique est très variable: 70 cm dans la plaine sablo-argileuse, 40 cm dans la plaine éolisée. La répartition dans le sol de crête dunaire est aberrante.

Bases : tous les profils sont saturés et calciques; les pH croissent vers la base des Brun Rouge différenciés. Ni sels ni sodium gênants.

Propriétés physiques : ces sols sont, pour leur texture, remarquablement stables et perméables, ce qui est probablement dû à la présence d'une forte proportion de Ca dans le complexe (déjà décelée à la teinte des profils). Les réserves en eau sont fonction de la texture et croissent de la crête dunaire à la plaine sablo-argileuse de 60 à 130 mm/m.

33-4 Conclusions

Les ressemblances de morphologie, analytiques, de modelé et topographique permettent d'assimiler la couverture pédologique des 'terrasses' du Niger à celle des remblais sablo-argileux longeant le Gorouol précédemment étudiés. Ce sont des sols illuviaux, rubéfiés, à base modifiée par mauvais drainage, ce dernier attribuable, plus nettement dans le long du Niger, à une nappe sous alluviale. On a tendance à les juger anciens et tronqués, du fait de l'érosion avancée de l'ensemble de la couverture meuble.

Les granites sous jacents se manifestent par l'enrichissement en Ca du profil, corrélativement son assombrissement, renforçant l'effet d'un drainage interne plus lent (B 7,5 YR).

On retrouve également ici deux phases, la plus profonde grossière, et d'allure nettement fluviatile, alors qu'elle est plus mince et d'aspect proluvial le long du Gorouol (cf. IIIB 43-2, profil GA 39).

La répartition des sols suggère une éolisation des sables de remblai, fonction de la granulométrie initiale. Les sols des crêtes dunaires sont d'aspect très jeunes et sont vraisemblablement complexes. Ils constituent des zones de grande sensibilité à l'érosion éolienne.

Les caractères pratiques intrinsèques des sols sont d'autant plus intéressants que, malheureusement, ils sont plus minces. Les sols de la plaine sablo-argileuse forment les meilleures terres de remblai, ajoutant une bonne stabilité structurale à la répartition heureuse des textures dans le profil et aux réserves honnêtes en bases. La présence d'un niveau drainant profond (phase grossière), les cotes relativement basses (+ 1-2 m au Nord de la plaine sablo-argileuse au contact des défluent du Niger, + 7-9 m au Sud au contact du Niger), rendent possibles l'irrigation. Cependant on ne peut la conseiller sur de grandes surfaces:

- les sols squelettiques abondent
- l'épaisseur de l'horizon drainant est fortement irrégulière.

Il serait bon de l'essayer au Nord de l'unité, en bordure de défluent, en culture maraîchères (cignons, tomates). Ajoutons qu'il existe une possibilité théorique d'alcalisation, cette dernière se manifestant par taches sur les granites. De toutes façons il serait très valable d'y améliorer les cultures vivrières (sorho, pénicillaires).

Bien que les sols des zones basses de la plaine éolisée conviennent fort bien au mil, la mosaïque formée par les sols peu productifs des crêtes dunaires, la proximité des points d'abreuvement, vouent cette unité à l'élevage.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUN ROUGE A AMAS CALCAIRES
ET DES SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIES ASSOCIES DES
TERRASSES DU NIGER.

	Plaine sablo-argileuse				Plaine éolisée			Crête dunaire		
	A	(B)	Bca	S	A	(B)	Bg	A	(B)	C
	5 cm	40cm	72 cm	125cm	5 cm	33cm	89cm	5 cm	35 cm	65 cm
Matière Organi. %	0,33	0,19	0,09	0,05	0,24	0,11	0,08	0,28	0,08	0,07
Azote ‰	0,25	0,15	0,15	0,06	0,18	0,10	0,08	0,21	0,14	0,09
C/N	7,6	7,3	3,3	5,0	7,8	6,0	6,2	7,6	3,6	4,4
CO ₃ Ca			3,7	1,0						
Argile ‰	6	16,5	18,5	8,2	5,2	10,2	11,0	3,2	6,2	7,5
Limon ‰	3	4,5	10,5	6,2	2,2	2,0	3,2	2,0	1,2	1,5
Sables fins ‰	45,4	33,1	29,8	23,4	50,2	43,4	47,4	50,4	48,7	54,8
Sables grossiers ‰	45,9	44,5	39,2	61,4	42,2	41,9	37,7	44,7	43,7	36,4
Bases éch.méq/100g										
Ca	2,3	7,6	16,8	9,5	2	3,5	4,1	1,6	1,8	2,0
Mg	0,8	2,0	2,1	1,0	0,7	1,0	0,7	0,47	0,66	0,8
K	0,19	0,08	0,10	0,06	0,12	0,06	0,04	0,12	0,05	0,08
Na	0,05	0,07	0,12	0,10	0,11	0,09	0,14	0,12	0,07	0,07
Somme	3,31	9,77	19,1	10,7	2,92	4,67	4,96	2,3	2,59	2,96
Cap.d'éch.méq%	3	8,05	11,16	7,25	1,8	4,17	3,58	2	2,16	2,69
Saturation	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.
pH	6,0	6,5	7,6	7,7	6,5	6,8	7,5	6,9	6,5	6,9
Conductivité,mmhos			0,063	0,049			0,027			
Sels,mg/100 g			50	39			22			
Propriétés Physi.										
Porosité % Vol.	35									
Humidité Equi %	3,5	8,3			2,7			1,8		
Eau utile %	1,6	3,7			1,2			0,8		
Instabilité	0,6	1,5			0,7			0,37		
Perméabilité cm/h	2,5	3,9			1,8			3,0		

Notes : Plaine sablo-argileuse, profil type GC 2. Plaine éolisée, profil intermédiaire (sans carbonates) GB 98. Crête dunaire, profil type GC 1.

A = horizon supérieur humifère appauvri en argile et limon.

(B) = B de couleur; Bca = B calcique, textural (et jauni)

Bg = B jauni textural.

S = sables interstratifiés dans les galets. C = base du profil dunaire, à aspect de matériau (porosité, couleur).

IIIB-5 LES SOLS DE TRANSITION, BRUN ROUGE A FERRUGINEUX, A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE.

B5-1 Les Sols à Faciès Ferrugineux sur sables quartzeux

51-1 Modelé

Cette famille est celle des sables dunaires, ou éolisés, qui fossilisent les glacis Birrimiens, partiellement concrétionnés, ainsi que les minimes formations proluviales qui s'y rattachent, de la partie centrale et méridionale de la carte. Elle groupe diverses Séries associées en chaînes. L'apparition de chacune étant déterminée par le drainage, leur extension dépend de l'épaisseur et de la position topographique de la couverture sableuse, où on a distingué :

- les massifs dunaires longitudinaux, épais (ex: 4-5-15 m), possédant leur modelé propre, et où dominant les sols les mieux drainés. Leur direction principale est Est-Ouest; les plus importants sont dissymétriques, avec un front plus raide septentrional, à limite rectilinéaire sur le glacis, et un revers à pente douce (au plus 2 %). Au Nord ils sont recoupés par les massifs dunaires, à cordons, de l'erg "jeune" (= à sols structurellement peu différenciés), d'orientation E. SE-O.NO. La distinction entre les deux formations n'est pas toujours immédiate sur le terrain, en l'absence de profils, les sols différenciés pouvant succéder, en bas de pente, aux sols peu différenciés sur la même forme topographique, en l'espèce un long revers dunaire. Ces vieilles dunes subissent une érosion superficielle hydrique aréolaire mettant à nu les B par petites plages (d'où l'aspect de dune rouge); elle est accélérée sur les franges, au contact des glacis, et peut aller jusqu'au ravinement en bordure des thalwegs principaux (Est de Bongouro). En dehors des zones décapées le fragile horizon superficiel est soumis à des remaniements mécaniques divers: culture à la houe, piétinement, taraudage des fousseurs, qui aboutissent à la formation d'une couche superficielle sableuse et particulière, matériau propice à de minimes reprises éoliennes de saison sèche (nebkas). Fréquemment des termitières (coniques, 1 m, brunes ou brun rougeâtres) participent au transit des éléments texturaux. Enfin des profils portent les traces de remaniements anciens (discontinuités, durcissement) d'origine hypothétique.

- les ensablements continus de glacis, suffisamment minces (de l'ordre de 2 à 3 m) pour que la topographie primitive soit encore reconnaissable. Les pentes étant très faibles ils se présentent comme des 'plaines' sableuses, parsemées de massifs, petits, irréguliers, très bas, de dunes rondes accolées à sols rubéfiés. L'aspect superficiel est très voisin de celui des dunes rouges, avec des termitières souvent plus nombreuses, hautes (2,5 m), et des zones fortement décapées au contact des glacis nus. Nous leur rattachons, par leurs sols, leurs caractères généraux conditionnant le drainage, les ensablements très aplanis, en position de ramblai, longeant le Gorceuel principalement au Sud de Dolbel, et les sillons interdunaires.

- les ensablements discontinus de glacis, où la couverture sableuse laisse apparaître des lambeaux du substrat (cuirasses, concrétions, débris de quartz étalés en rog, ou sols minces polyphasés d'altération). Elle est souvent fort mince (voiles éoliens) et, sans doute du fait de son voisinage avec des surfaces de ruissellement nues, soumise à une violente érosion hydrique, allant de la nappe ravinante aux ravineaux.

51-2 Végétation

Sur les dunes nous n'avons guère observé que des jachères, sous les apparences de prairies piquetées d'arbustes, la strate graminéenne étant toujours annuelle. Les espèces les plus communes sont :

- arbustes : Combretum glutinosum, Maerua crassifolia, Acacia Senegal, Acacia raddiana, Balanites Aegyptiaca (espèces localement dominantes soulignées).

- arbrisseaux : Guiéra Senegalensis, Boscia Senegalensis.

- graminées : Eragrostis pilosa, Cenchrus biflorus, Schoenefeldia gracilis, Ctenium élégans, Andropogon pulchellum, Aristida stipoides.

- divers : Cassia mimosioides, Chrozophora Brecciana.

Dans les sillons interdunaires la physiognomie est plutôt celle d'une savane arbustive, où Bauhinia reticulata est fréquent

Sur les plaines longeant le Gorouol ce sont également des savanes arbustives mais à épineux dominants : Acacia Raddiana, Balanites Aegyptiaca, avec Combretum glutinosum, Maerua, puis Boscia Senegalensis et Guiéra, et tapis annuel à Cenchrus, Eragrostis, Ctenium.

Les glacis ensablés sont couverts de prairies annuelles à arbustes fort proches de celles des dunes rouges, plus rarement de savanes arbustives. Les espèces y sont les mêmes, avec cependant dominance occasionnelle de l'Acacia Raddiana, et un tapis graminéen où Schoenefeldia gracilis est le plus commun.

51-3 Utilisation

L'ensemble est entièrement cultivé en mil avec des jachères de durées très variables. Les terres les plus chargées sont celles des dunes méridionales, qui sont dans une zone où les sols meubles se font rares, et celles des ensablements discontinus de glacis. Là les cultures reçoivent un appoint d'eau de ruissellement, et la proximité du substrat favorise la nutrition minérale. Nous avons souvent noté au Niger (ex: le Djermaganda) que les agriculteurs recherchaient les terres sableuses soumises à un fort ruissellement, principalement à la limite Nord des cultures. La contrepartie en est une destruction accélérée des sols.

51-4 Répartition des Séries

Les Séries dominant sur les divers modelés sont voisines de celles qui se succèdent le long d'un revers dunaire, du sommet au sillon interdunaire :

- sommet et pente : sol à B de couleur 5 YR, sommet brun jaune 7,5 YR, base passant progressivement au matériau (Séries Rubéfiées); on note parfois un durcissement des horizons colorés, accompagnant des traces de remaniement des horizons superficiels, dès le sommet (Séries rubéfiées durcies).

- bas de pente : on constate, à peu près successivement :

- . le jaunissement de la base du profil, d'abord brun jaunâtre (7,5YR) puis jaune clair (10 YR): Séries à base jaune.
- . la décoloration de l'horizon de surface, passant au gris brun (10 YR) et son épaissement.
- . l'assombrissement du B de couleur, virant au brun ocre (7,5 YR)
- . la formation de concrétions silico-ferrugineuses dans les horizons jaunis: Séries à concrétions.

Le type moyen de ces sols de bas de pente possède un horizon de surface 10 YR, un B 7,5 YR, une base jaune clair 10 YR. Diverses variantes résultent de décalages dans l'apparition des caractères ci-dessus. Des traits plus rares ont été également observés dans les sols de bas de pente ou de zone base: formation de raies dans le B (dès le stade 5 YR), décoloration complète de la base du profil, concrétions manganésifères, amas calcaires.

La répartition topographique des Séries est la suivante :

- Séries Rubéfiées : sommets et versants dunaires.
- Séries Rubéfiées durcies : certaines dunes.
- Séries à base jaune: pieds de dunes, sables granuloclassés en position de remblai, glacis ensablés.
- Séries à concrétions silico-ferrugineuses : sillons interdunaires, glacis ensablés, pieds de dunes.
- Séries à raies : sables granuloclassés en position de remblai, glacis ensablés.
- Séries à amas calcaire : un sillon interdunaire.
- Séries à concrétion manganésifère, base décolorée: sables granuloclassés en position de remblai.

51-5 Etude Morphologique

515-1 : Séries Rubéfiées

Type : GA 18 Site : massif dunaire longitudinal; 1/3
 Lat : 14° 31' 0" N supérieur de pente.
 Long : 0° 13' 0" E

Surface : Ternitières coniques (1 m), trous de rongeurs; 1 cm de sables déliés sur une croûte pluviale fine et grise.

- 0 - 24 cm : 7,5 YR 5/5, brun jaune clair; sableux; débit mamelonné; cohésion faible, sub-particulaire.
- 24 - 48 cm : 7,5 YR 5/6, beige rosé avec très fin réticulum violacé et poreux; sableux débit fortement mamelonné; cohésion moyenne, des agrégats durcis; forte porosité semi-tubulaire.
- 48 - 125 cm : 5 YR 5/8 (plus rouge), rouge jaunâtre; sableux; débit très mamelonné; presque polyédrique; cohésion moyenne; des agrégats durcis; même porosité.
- 125 - 180 cm : 5 YR 5/8, un peu moins rouge; sableux; plus compact.

Soit un A1 légèrement humifère, un A2 poreux, un B de couleur, texture et structure, passant très progressivement vers la base au matériau, que nous n'avons jamais atteint au Gerouol à moins de deux mètres. Un profil tout voisin montrait une épaisseur totale des A de 24 cm d'épaisseur seulement: ces variations, attribuables à des irrégularités dans le remaniement superficiel, gênent la diagnose précise de ces sols, d'où l'emploi de "faciès". Cependant la morphologie d'ensemble est bien celle d'un sol sableux lessivé.

515-2 : Séries Rubéfiées durcies

Type : GA 56 DOLBEL (Senti) Site : sommet de massif du-
 Lat : 14° 37' 40" N naire longitudinal.
 Long : 0° 21' 0" E
 Cote : 281 m.

Surface : sables déliés, croûte pluviale, nebkas.

- 0 - 18 cm : 7,5 YR 5,5/6, brun rougeâtre; sableux; massif, débit légèrement mamelonné; cohésion moyenne.
- 18 - 40 cm : 5 YR 4/4; brun ocre; sableux; débit très mamelonné; cohésion moyenne; agrégats durcis; forte porosité interstitielle.
- 40 - 70 cm : 5 YR 5/5; rouge jaunâtre terne; sableux à sablo-argileux; débit polyédrique; cohésion moyenne; plus compact.
- 70 - 152 cm : légèrement plus clair; légèrement plus argileux; débit polyédrique; porosité semi-tubulaire plus grossière et réduite; assez dur.
- 152 - 200 cm : 5 YR 5/6, rouge jaunâtre clair; sablo-argileux; débit polyédrique; cohésion moyenne à forte; horizon le plus compact et le plus dur; des marbrures noirâtres et nombreux nids d'insectes.

Ce profil diffère du précédent par une texture moins sableuse dans l'ensemble, la croissance des taux d'argile jusqu'à la base du profil (le B de couleur n'est plus textural), le durcissement des deux derniers horizons. La teinte assez rouge du second horizon, son taux d'argile relativement fort (8 %), suggère qu'on a là un profil rajeuni, où le A se développe aux dépens du sommet du B de couleur. Inversement la chaîne montre à mi pente un horizon de nebka rapporté. D'une façon générale les sols de cette Série montrent des signes évidents de remaniements accentués, troncatures ou fossilisations, pouvant se succéder sur le même profil; ex: GB 55 BOSSE BANGOU (abrégé).

- 0 - 15 cm : phase sableuse d'apport fraîche litée, brun jaunâtre.
- 15 cm : croûte pluviale grise.
- 15 - 43 cm : phase sableuse d'apport ancienne avec Sol Peu Evolué faciès Ferrugineux Peu Lessivé
 - 15 - 28 cm : A gris brun
 - 28 - 43 cm : B de couleur jaune rougeâtre, sableux, à débit légèrement mamelonné.
- 43 - 130 cm : ancien B de couleur rouge jaunâtre, à débit très mamelonné, durci.

Il est vraisemblable qu'il existe un lien entre la texture (relativement moins sableuse), l'érosion, le durcissement, mais nous ne pouvons encore l'explicitier. Ajoutons que le durcissement se vérifie tout le long de la chaîne; il affecte la zone inférieure jaunie (7,5 YR) des sols de bas de pente.

- 29 - 43 cm : AB
5 YR 4/4 (très approximatif), brun ocre; des stries compactes; des raies ocres mal formées flexueuses ($\phi = 5$ mm); plus argileux; débit fortement mamelonné (1 cm); cohésion moyenne à forte; dur; porosité semi-tubulaire plus grossière et développée.
- 43 - 99 cm : (B) de couleur
5 YR 4/8, rouge jaunâtre; très légèrement marbré; des raies plus colorées discontinues peu visibles; sableux à sablo-argileux; débit mamelonné plus large (4-5 cm); cohésion moyenne à faible; des noyaux durcis; dur; porosité un peu moins développée.
- 99 - 150 cm : (B) 2 : base du B de couleur
légèrement plus clair; homogène; à peine plus argileux; débit très régulier mamelonné; cohésion un peu plus faible; porosité semi-tubulaire très réduite; presque aussi dur.
- 150 - 200 cm : B de texture
5 YR 4,5/8, rouge jaunâtre moins vif; des plages plus jaunes sableux à sablo-argileux; débit très régulier; cohésion nettement plus faible; tendre; porosité réduite.
- 200 - 225 cm : Cg matériau jauni.
7,5 YR 5/6, jaunâtre; des tubulures (racines ?) à remplissages jaunes ou blancs; sableux; débit régulier, cohésion faible; conserve une très légère porosité semi-tubulaire.
- Taille moyenne des sables : vers 5 cm, 0,2 à 0,3 mm; vers 125 cm : 0,3 mm vers 210 cm : 0,3 à 0,8 mm. Granuloclassement assez net.
- Enracinement : chevelu de radicelles jusqu'à 38 cm (A + AB); quelques radicelles jusqu'à la base de la coupe; un niveau de racines subhorizontales ($\phi = 1$ cm) à 120 cm (B2).
- Galerias de termites : jusqu'à 110 cm.

Dans ce profil on notera les effets d'une réduction du drainage interne (jaunissement, début de formation de raies d'accumulation au sommet des B) et les caractères déjà notés dans les sols de remblai (Faciès Brun Rouge sur sables argileux), l'illuviation profonde de l'argile jusqu'à la base des B de couleur, le granuloclassement des sables.

515-5 Séries à concrétions

Type : GA 36 DOLBEL (Kourki)	Site : interdune plat limité
Lat : 14° 33' 20" N	au Nord par un cordon
Long : 0° 22' 30" E	dunaire ancien (+ 6 m),
Cote : 271	au Sud par un erg jeune (+ 14 m).

Surface : très nombreuses termitières rouges (2,5 m); 2 cm de sables déliés.

- 0 - 5 cm : A 11
7,5 YR 4/3, brun clair à fines raies grises (charbon ?); sableux; sommet feuilleté sur 2 cm, puis compact.
- 5 - 12 cm : A 12
7,5 YR 5/5, brun jaune clair, des stries peu visibles; sableux débit régulier; cohésion moyenne, porosité interstitielle.

- 12 - 40 cm : A2
7,5 YR 5/5,5; brun rosé; réticulum rosé à forte porosité semi-tubulaire bien développée; sableux; débit mamelonné; cohésion moyenne.
- 40 - 60 cm : AB
Horizon de transition
- 60 - 90 cm : B1, de texture et couleur
5 YR 4,5/6, rouge jaunâtre; légèrement enrichi en argile, restant sableux; débit mamelonné; cohésion moyenne à faible; des agrégats durcis.
- 90 - 124 cm : BC
teinte plus jaune, débit plus régulier, cohésion plus faible.
- 124 - 150 cm : Cg, sables à structure de matériau jaunis
sables jaunissant vers la base; débit très régulier; cohésion moyenne à faible; porosité uniquement interstitielle.
- 150 - 200 cm : Cg-Bg (Fe-Si): niveau de concrétionnement silico-ferrugineux
7,5 YR 6/8, sables jaunes, humides, à concrétions brun jaunâtres silico-ferrugineuses, concentrées au sommet en banc, verticalement allongées (3 x 10 cm), faiblement coniques, parfois soudées en amas verticaux à ailettes. Les sables, de 0,12 à 0,2 mm, sont ici enrichis en graviers de quartz et débris ferrugineux.
- 200 cm : nappe détritique: gravillons ferrugineux bien roulés, quartz émoussés (5-10 cm), concrétions ferrugineuses secondaires, dans un emballage formé des sables jaunes ci-dessus. Humide.

Le concrétionnement est ici important. Son aspect est identique à celui qui se forme au toit de nappes phréatiques, à magasin sableux, dans le Niger méridional; sa croissance est ascendante apicale. Ici l'existence d'une nappe temporaire d'hivernage est vraisemblable (végétation, humidité rémanente de la base du profil). Le maintien d'horizon bien rougi (5 YR) dans un sol à base à concrétionnement de nappe n'est pas exceptionnel; cependant il est plus banal d'observer des B 7,5 YR (jaune rougeâtre). Les concrétions sont habituellement plus petites (cm), souvent plus ferrugineuses que siliceuses (plus tendres et rouges).

515-6 Autres Séries, rares

Sur les sables granuloclassés on a observé un profil compact et dur (GA 19) à B peu coloré (ocre 7,5 YR 5/6), A beige (10 YR 5,5/4), base blanche 10 YR 6,5/4 avec concrétions manganésifères, et raies peu contrastées à la base du B. Il reste trop isolé pour être interprétable localement. Cependant on sait par ailleurs que de tels sols succèdent aux Séries à base jaune vers le bas de pente.

Toujours sur les sables en position de remblai, au Sud Ouest de Yatakala, un sol très voisin du précédent (GB 20) montre de nombreux amas calcaires dans la zone blanche. On peut en déduire que les carbonates et le manganèse, dont les dépôts sont fréquemment associés dans les sols, sont des apports de nappe.

51-6 Associations cartographiques

Sur les glais ensablés il est trop coûteux de cartographier séparément les divers éléments de la chaîne (rubéfié-base jaunie-concrétions-raies). On a isolé les zones à mamelonnements importants (Série Rubéfiée durcie); le reste forme une Association ou, du fait de la topographie, les sols à base jaune dominant.

Les glaciis à couverture sableuse discontinue sont plus riches en sols à concrétions. On les a divisés selon la nature de la couverture pédologique du substrat: gravillons, sols de glaciis, ou association des deux.

51-7 Etude analytique (voir tableaux)

Textures : elles sont à sables fins dominants. (A) . Les granulométries forment de petits ensembles régionaux; ainsi les sables de dunes rouges et des plaines sableuses de bordure du Gorouol sont fort proches (rapport Sf/Sg compris entre 1 et 1,5) dans la région de Dolbel; cette homogénéité corrobore localement l'hypothèse générale d'une même chaîne de profils sur les divers modelés. Mais tous les profils présentent des variations granulométriques secondaires verticales. Contrairement à ce qu'on aurait pu prévoir, elles ne sont pas plus fréquentes entre les A et B qu'entre les B et les C (respectivement six cas contre cinq). Mais les A sont presque systématiquement plus fins que les B (7 cas sur 9), alors que la variation de taille des sables entre les B et les C est, prise dans son ensemble, quelconque. Il est plausible que cela soit la trace analytique des remaniements morphologiquement constatés dans les A, se superposant à une hétérogénéité plus ancienne, peut être originelle.

Tous les profils montrent soit un B textural (par rapport au C) soit une croissance des taux d'argile jusqu'à la base de la fosse (1,8 à 2 m). On ne voit guère que le lessivage et l'illuviation pour en rendre compte. Mais il n'est pas possible d'évaluer ce lessivage; on ne sait pas dans quelles mesures les remaniements des horizons superficiels (A), fortement appauvris, modifient leur texture; d'autre part si la base de nos profils paraît souvent avoir conservé la structure macroscopique du matériau, on ne peut rien affirmer quant à la texture, soit qu'on sache que la fosse n'est pas assez profonde (Séries Rubéfiées), soit que l'épaisseur du manteau sableux paraisse trop faible par rapport à la puissance normale du profil (C structural moins riche en argile que le A), soit qu'on soupçonne une éluviation profonde (base jaunie ou blanchie).

Les taux d'argile varient de 2 à 6 % en surface (minima: crêtes dunaires), de 6 à 8 % dans les B (minima: contact avec les ergs jeunes), de 10 à 14 % dans les B des sables en position de remblai, et atteignent 15 % à la base des Séries durcies.

Fer : un seul profil analysé, à titre de vérification; on a retrouvé le parallélisme habituel des variations de fer et d'argile.

Matière organique : taux médiocres, avec minima dans la Série Rubéfiée Durcie dont le profil type avait été estimé rajeuni et maxima dans un sol interdunaire à concrétions. La répartition des taux dans le profil est d'autant plus uniforme que ces derniers sont plus bas. La base de la zone à décroissance rapide des taux (= horizon humifère analytique) a une position très variable (30 à 70 cm) : A2, base du A2, base du AB, B de couleur. Elle est même indéfinie dans le profil GB 56, où les taux varient linéairement en fonction de la profondeur. Les C/N varient, en gros, à l'inverse des taux de matière organique.

Bases, pH : il existe deux types de variation des pH, à quelques irrégularités près. Il peut décroître jusqu'à la base du profil, comme dans la plupart des sols rubéfiés, ou bien peut présenter un minimum dans le B de couleur, comme dans les Séries à base jaunie, à concrétions, à raies. Les coefficients de saturation, par contre, sont presque toujours minima dans les B, et se relèvent en profondeur. Ils sont plus élevés que ne le supposent les pH, modérément acides (influence des cations métalliques). Si on compare pH et coefficients de saturation des horizons de surface (A1) des sols à faciès brun Rouge et des sols à faciès Ferrugineux de cette même famille, on note une légère acidification de ces derniers, ce qui confirme la légère différence morphologique de ces mêmes horizons :

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE
SUR SABLES QUARTZEUX.

A - SERIE RUBEFIEE (GA 18)

	A 5 cm	A2 31 cm	B 87 cm	BC 185 cm
Argile %	2,2	4,5	8,2	7,7
Limon %	3,5	2,7	3,7	2,7
Sables fins %	51,4	50,0	52,5	45,9
Sables grossiers %	43,6	43,4	35,2	43,2
Matière organique %	0,31	0,22	0,14	0,10
Azote %	0,19	0,15	0,14	0,11
C/N	9,5	8,7	5,7	5,5
Phosphore ‰	0,12			
Bases échangeables méq/100 g.				
Ca	0,44	0,48	0,58	0,54
Mg	0,41	0,41	0,76	0,62
K	0,08	0,04	0,03	0,04
Na	0,01	0,02	0,02	0,03
Somme (S)	0,94	0,95	1,39	1,23
Capacité d'échange (T)	1,47	1,73	2,11	1,74
Saturation, S/T %	64	55	66	71
pH	5,7	5,2	5,1	5,0
Humidité équivalente % poids	2,0			
Eau utile %	1,0			
Instabilité (IS)	0,47			
Perméabilité cm/h	1,4			

B - SERIE RUBEFIEE DURCIE (GA 56)

	A1 5	A2 30	(B) 55	B 195
Argile %	3,7	8,2	11,0	15,2
Limon %	13,2	4,5	6,2	8,7
Sables fins %	58,1	67,2	60,0	54,7
Sables grossiers %	22,8	20,5	22,2	20,9
Matière organique %	0,23	0,17	0,15	0,11
Azote ‰	0,22	0,22	0,22	0,23
C/N	5,9	4,5	3,6	2,6
Phosphore ‰	0,11			
Bases échangeables méq/100 g.				
Ca	1,03	1,19	1,30	2,84
Mg	0,29	1,11	1,45	1,55
K	0,05	0,04	0,04	0,03
Na	0,06	0,06	0,09	0,33
Somme (S)	1,43	2,40	2,88	4,75
Capacité d'échange (T)	2,39	3,21	2,85	4,25
Saturation (S/T %)	60	75	Sat.	Sat.
pH	6,6	5,8	6,2	6,1
Humidité équivalente % poids	2,0	4,8		
Eau utile %	1,1	2,3		
Instabilité (IS)	0,55	1,3		
Perméabilité cm/h	1,0	1,1		

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE SUR
 SABLES (suite)

C - SERIE A BASE JAUNE (B 32)

	A1 5 cm	B 30	Cg 195
Argile ‰	5,2	8,2	7,2
Limon ‰	1,2	3,0	1,2
Sables fins ‰	62,6	57,9	58,3
Sables grossiers ‰	31,5	30,5	30,7
Fer libre ‰	0,62	0,83	0,72
Fer total ‰	1,56	1,86	1,32
Fer libre/Fer total ‰	40	45	54
Matière organique ‰	0,35	0,20	0,09
Azote ‰	0,26	0,13	0,07
C/N	7,7	9,2	
Phosphore ‰	0,05		
Bases échangeables, néq/100 g.			
Ca	2,09	3,59	2,94
Mg	1,01	1,56	1,50
K	0,14	0,07	0,03
Na	0,04	0,05	0,04
Somme (S)	3,28	5,27	4,48
Capacité d'échange (T)	2,85	5,15	4,38
Saturation (S/T ‰)	Sat.	Sat.	Sat.
pH	6,4	6,2	6,8
Humidité équivalente ‰ poids	2,3		
Eau utile ‰	1,0		
Instabilité (IS)	0,52		
Perméabilité cm/h	3,7		

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE
SUR SABLES QUARTZEUX (suite)

D - SERIE A BASE JAUNE, SUR SABLES GRANULOCLESSES (GA 30)

	A1 5 cm	A2 20	AB 35	(B) 62	B 130	Cg 217
Argile ‰	6,2	5,0	11,2	12,7	14,0	9,0
Limon ‰	1,2	1,5	2,0	2,0	1,5	3,5
Sables fins ‰	51,4	53,6	46,4	46,5	49,5	52,1
Sables grossiers ‰	39,4	40,8	40,4	39,3	37,7	37,1
Matière organique ‰	0,33	0,24	0,19	0,15	0,13	0,07
Azote ‰	0,20	0,15	0,18	0,15	0,12	0,09
C/N	9,0	9,3	6,1	5,3	6,7	4,4
Phosphore ‰	0,11	0,22				
Bases échangeables, méq/100 g.						
Ca	0,62	0,40	1,23	1,68	2,10	2,36
Mg	0,80	0,75	1,40	1,62	1,75	1,60
K	0,16	0,15	0,22	0,09	0,07	0,07
Na	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02
Somme (S)	1,59	1,31	2,97	3,42	3,96	4,05
Capacité d'échange (T)	1,71	2,01	3,86	4,31	3,65	3,16
Saturation (S/T ‰)	93	65	77	79	Sat.	Sat.
pH	6,4	5,4	5,0	5,0	6,3	7,6
Humidité équivalente ‰ poids	2,0	2,3	4,2			
Eau utile ‰	0,9	1,0	1,9			
Porosité ‰ volume		4,0	3,8			
Porosité air à pF 3		36,5	31			
Instabilité structurale (IS)	0,49	0,80	1,52			
Perméabilité cm/h	1,4	1,3	1,5			

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE SUR SABLES
QUARTZEUX (suite)

E - SERIES A CONCRETIONS (GA 36, GB 56)

(ligne supérieure : GA 36)

	A1 5 cm 5	A2 31 25	B 75 75	BCg 107	Cg-Bg 195	
Argile %	4,2 3,5	4 4,2	8,2 6,2	3,7	4,7	
Limon %	2,2 2,2	2,5 2,0	2,2 0,5	2,5	0,5	
Sables fins %	64,7 52,7	64,2 60,7	57,4 53,4	67,0	54,9	
Sables grossiers %	28,6 41,6	29,7 34,6	32,4 38,6	27,3	39,5	
Matière organique %	0,49 0,16	0,20 0,15	0,13 0,12	0,07	0,05	
Azote ‰	0,26 0,22	0,11 0,16	0,09 0,13	0,04	0,10	
C/N	11,1 4,1	10,9 5,0	8,9 5,4	10,0	3,0	
Phosphore ‰	0,12 0,13	0,07				
BASES ECHANGEABLES, Még/ 100 g.	Ca	1,42 1,56	0,82 1,54	0,68 2,15	0,32	0,87
	Mg	0,67 0,51	0,62 0,60	0,96 1,20	0,44	0,71
	K	0,10 0,11	0,05 0,08	0,07 0,04	0,03	0,02
	Na	0,01 0,02	0,01 0,01	0,02 0,02	0,01	0,02
	Somme (S)	2,20 2,20	1,50 2,23	1,73 3,41	0,80	1,62
	Capacité d'échange (T)	2,77	2,22	2,66	1,28	
	Saturation (S/T %)	2,1	2,40	3,58		2,25
Saturation (S/T %)	79 100	67 93	65 95	63	72	
pH	6,0 6,8	5,9 6,9	5,1 6,6	5,4	6,3	
Humidité équivalente % poids	1,6					

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE
SUR SABLES QUARTZEUX (suite)

F - SERIES A BASE DECOLOREE, RAIES, CONCRETIONS (GA 19)

	A 1 11 ca.	B 55	Cg-B. n 175
Argile ‰	4,0	9,7	3,7
Limon ‰	3,7	4,5	1,7
Sables fins ‰	52,1	42,4	55,4
Sables grossiers ‰	39,7	41,1	39,3
Matière organique ‰	0,29	0,26	0,05
Azote ‰	0,20	0,15	0,07
C/N	8,5	10	4,3
Phosphore ‰	0,18		
Bases échangeables méq/100 g			
Ca	1,20	2,75	1,06
Mg	0,62	1,73	0,38
K	0,06	0,04	0,01
Na	0,03	0,04	0,03
Sulfate (S)	1,91	4,56	1,48
Capacité d'échange (T)	2,53	5,25	1,53
Saturation (S/T ‰)	75	87	97
pH	5,4	5,3	6,3
Humidité équivalente ‰ poids	2,5		
Eau utile	1,1		
Porosité ‰ volume	37		
Porosité air à pF 3	33		
Instabilité structurale (IS)	0,88		
Percéabilité cm/h	1,5		

NOTES : A1 = horizon humifère; A2 = horizon lessivé;
B = B textural; (B) = B de couleur;
A2 = horizon de transition; C = matériau;
BC = horizon de transition; g = jaunissement.

Faciès Brun Rouge (5)	Minimum	Médiane	Maximum
pH	6,3	6,6	6,9
Saturation %	93	100	100
Faciès Ferrugineux Peu Lessivé(9)			
pH	5,4	6,4	6,8
Saturation %	60	80	100

Ca est le cation principal de surface, Mg acquiert plus d'importance en profondeur, comme dans nombre de sols lessivés. Deux sols de remblai font exception, à base calcique ou calcaire, où l'enrichissement en Ca peut être attribué à la nappe. La végétation concentre K en surface; à l'inverse Na, s'il n'est pas trop rare, est plus abondant en profondeur.

Propriétés physiques.

Les réserves en eau varient selon la texture de 35 à 75 mm pour le premier mètre, dont 16 à 34 mm d'utilisables, le maximum dans le remblai, le minimum au voisinage d'"ergs jeunes". Ces sols ne sont pas absolument dépourvus d'agrégats, ces derniers peu sensibles aux prétraitements, donc à ciments minéraux (oxydes) :

<u>GA 30</u> : Type d'horizon :	A1	A2	AB
Agrégats de plus de 0,2 mm :	50 %	50,4	55,5
Sables de plus de 0,2 mm :	39,4	40,8	40,4
Différences (fraction fine agrégée)	10,6	9,6	15,1

Equilibres de fertilité.

L'équilibre azote-phosphore est moyen à une exception près; faute d'azote, l'équilibre azote-pH est très sensible à de petites variations de ce dernier; il est médiocre, parfois très bas.

51-8 Conclusions

On a là un ensemble de sols lessivés, aux horizons sommitaux souvent remaniés, où la pluviosité commence à abaisser les pH superficiels. En dehors de nuances texturales, héritées de la mise en place du matériau, il n'y a pas de variations analytiques systématiques entre les Séries. Nous avons toujours eu des difficultés de cet ordre sur matériau sableux, les différences étant faibles et facilement effacées par les régimes d'utilisation.

Cependant il existe une hiérarchie, fondée sur le modelé et la texture, dont dépend le régime hydrique, et que connaissent bien les agriculteurs locaux; les meilleures terres sont celles des sables en position de remblai, puis celles des glacis ensablés, surtout si elles reçoivent des eaux de ruissellement, puis celles des dunes. Les premières peuvent convenir à l'arachide les meilleures années, toutes aux pénicillaires. Il est nécessaire d'y limiter localement l'érosion hydrique (certains glacis, des bordures de thalwegs) et, partout, d'y relever le niveau des éléments fertilisants (azote surtout).

B5-2 Les Sols à Faciès Ferrugineux Peu Lessivés sur matériaux sablo-argileux (Caractères lessivés hérités)

Ces Séries apparaissent en position basse dans des échantillons du modelé dunaire, interdunes ou bas de glacis. Elles possèdent des horizons rubéfiés sablo-argileux à argilo-sableux montrant une croissance verticale des taux et de fer d'argile jusqu'à la base de la coupe. Les horizons superficiels, décolorés, ne sont pas en harmonie avec les B, par suite de remaniements mécaniques. Leur évolution est comparable à celle des sols de remblai, dont elles ne sont peut être que des types.

52-1 Série de Fantio

Type : GA 25 FANTIO

Lat : 14° 32' 10" N Site : pied de glacis à la base d'un massif
Long : 0° 15' 50" E. dunaire (+ 17 m); pente locale inappré-
Cote : 246 m ciable (moins de 1 %).

Végétation : Savane lâche arbustive à *Acacia Raddiana* et *pubescens*,
Balanites Aegyptiaca, hauteur 6 m, sous strate à *Guiéra*,
tapis graminéen annuel ras à *Eragrostis*, *Ctenium*, *Schoene-
feldia*, *Andropogon pulchellum*.

Utilisation: Très vieille jachère; terrain de parcours.

Surface : encroûtée; des plages décapées nues blanches; les surfa-
ces enherbées fortement piétinées avec de très minces
épanchages de sables grossiers. En bas de pente affleure-
ments de cuirasse ferrugineuse fragmentée (cf. nappe
détritique sous jaçante au profil). Nombreuses termitières
blanc-rosé.

- 0 - 17 cm : A1
7,5 YR 5/5, brun jaune, strié; très sableux (0,3 mm); débit
régulier mamelonné; cohésion moyenne; porosité interstitielle.
Horizon cultural remanié.
- 17 - 30 cm : A2
7,5 YR 5/5 (+ R), brun rosé; sableux; débit fortement mamelon-
né; cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire et tu-
bulaire fine et bien développée.
- 30 - 57 cm : AB
7,5 YR 5,5/6, brun ocre; sableux à sablo-argileux; débit po-
lyédrique; cohésion forte; porosité semi-tubulaire fine très
développée.
- 57 - 77 cm : B 11
7,5 YR 5/6, brun ocre vif; sablo-argileux; polyédrique (2 cm)
en assemblage compact; cohésion moins forte; porosité semi-
tubulaire grossière (0,5 mm) très développée.
- 77 - 116 cm : B12
6 YR 5/6, ocre à marbrures rougeâtres; sablo-argileux à argi-
lo-sableux; polyédrique (3 cm) fortement mamelonné (5 mm)
en assemblage plus lâche; cohésion très forte; très dur; com-
pact.

116 - 138 cm : B2

10 YR 5/5, brun grisâtre; des marbrures grises; argilo-sabloux; très compact, dur, massif; nombreux nids de termites.

138 - 160:

nappe de quartz anguleux (moins de 5 cm), dans une matrice argileuse à marbrures grises, compacte; des concrétions noires (2 cm), polyédriques, très dures, au sommet.

Dans cette Série en voie d'érosion aréolaire la juxtaposition de surfaces d'ablation et de surfaces d'apport se traduit dans le profil par la superposition d'une phase sableuse, de transit, sur un profil tronqué. Ce dernier est parfaitement homogène dans ses sables et son argile (capacité d'échange spécifique) dès 17 cm. Il montre une croissance régulière des taux d'argile jusqu'au niveau grossier accompagnée d'une variation corrélative des structures. Ce caractère, ainsi que le mauvais drainage de la base du profil, le type de concrétionnement découlant de cet engorgement, a déjà été noté dans les sols de remblai sur reg coiffant les schistes. Mais des textures plus argileuses entraînent une différenciation structurale plus poussée, comparable à celle des sols faisant transition entre Peu Lessivés et Lessivés (cf. Sols Ferrugineux Peu Lessivés très rubéfiés et évolués du Niger Occidental, t.III, pp. 346-377). A cause de cela on ne peut être absolument sûr que cette Série ne soit qu'un type textural des sols de remblai, elle pourrait aussi représenter les restes d'une couverture de sol plus évoluée.

Au point de vue analytique, outre la variation des taux d'argile, on notera les taux faibles et peu variables de matière organique (= profil fraîchement tronqué), les pH acides mais correspondant à des désaturations médiocres (cations métalliques), l'augmentation relative de Ca vers la profondeur (drainage interne limité, peut être nappe temporaire). Faute d'azote, trop acide, cette Série possède une basse fertilité potentielle. De plus le ruissellement, du à un mauvais état de surface, ne permet sans doute pas aux cultures d'y bénéficier des réserves hydriques assez fortes (93 mm sur le premier pèdre dont 42 mm d'utilisables). Sa destruction nous paraît trop avancée pour mériter une restauration.

52-2 Série de KOMKARA

Type : GA KOMKARA	Site : étroit couloir interdunaire, dans un
Lat : 14° 37' 10" N.	massif dunaire 'jeune'. Dominé de 18 mm
Long : 0° 11' 50" E	côté 'front'. Se raccorde en aval au
Cote : 268 m	'remblai' du Gorouol. Plat.

Végétation : savane arbustive lâche à *Acacia Raddiana*, *Acacia Senegal*, *Zizyphus mauritiana*, *Bauhinia reticulata* et *rufescens*; tapis graminéen mixte, à espèces vivaces dont *Andropogon Gayanus* (= humidité édaphique plus élevée que la normale), *Hyparrhenia dissoluta* (= contamination par le peuplement de l'erg jeune voisin), et à espèces annuelles : *Schoenefeldia*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis*. Des cultures (mil) plus à l'Ouest.

Surface : semée de nombreuses termitières ocres (aspect photo: ponctué).

0 - 20 cm : 10 YR 5/2,5, beige, à peine strié; sabloux; débit régulier faiblement mamelonné; cohésion moyenne; porosité interstitielle.

20 - 50 cm : 7,5 YR 5/3, beige ocre, des plages ocres compactes; sablo-argileux; débit polyédrique; cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire (0,25 mm); bien développée.

- 50 - 75 cm : teinte légèrement plus vive, ocre beige; plages ocres, compactes (aspect relictuel), nombreuses; sablo-argileux; polyédrique en assemblage compact (2-3 cm), localement débit polyédrique; cohésion forte; porosité semi-tubulaire plus grossière bien développée; dur.
- 75 cm transition brutale.
- 75 - 117 cm : 5 YR 4/4, ocre rougeâtre homogène; plus argileux, toujours sablo-argileux; polyédrique en assemblage compact (3-4 cm); cohésion excessive; porosité semi-tubulaire très réduite.
- 117 - 150 cm : même horizon, plus compact.

Cette Série est caractérisée par :

- des A, décolorés, appauvris en argile, anormalement épais (75 cm)
- parmi ceux là un A2 (20-75 cm) poreux semblant se développer sur un ancien horizon plus coloré et compact (plages relictuelles).
- un B textural, et de couleur, sombre et très compact (mauvais drainage interne).

Elle est vraisemblablement complexe et inactuelle. Les taux de matière organique sont relativement élevés, avec une décroissance régulière vers la base du profil (épaisseur de l'horizon humifère 'analytique' de 60 cm environ). Cette accumulation n'est pas explicable, aucun des sols du Gorouol de texture et position topographique équivalentes n'étant aussi riche; elle vaut à cette Série aberrante de se rapprocher de l'idéal des sols "steppiques". Les C/N sont normaux pour la latitude. Les pH sont encore plus bas que ne le laissent prévoir les coefficients de saturation. Leurs variations, ainsi que la forte dominance calcique en profondeur, sont proches de celles des sols de remblai. La fertilité potentielle est moyenne à bonne, faisant de cette unité une excellente terre à mil et arachides.

B5-3 Les Sols à Faciès Ferrugineux sur sables quartzeux à éléments d'arène granitique

53-1 Situation, nodulé.

Cette unité, située au Sud-Est de Dolbel, est formée de bas glaciés non concrétionnés sur granites alcalins enfouis sous un manteau éolien peu épais auquel les faibles pentes, de l'ordre de 0,4 % en général, confèrent un aspect de 'plaine sableuse'. Elle est limitée vers le Nord par un org 'jeune' avec le revers duquel elle est en continuité topographique, vers le Sud par divers glaciés nus ou concrétionnés. Au Nord-Ouest, toujours sur le même substrat géologique, le dépôt sableux plus épais prend le même aspect que celui des 'dunes rouges' anciennes sur Birrimien (cf. IIIB51-1), avec lequel on l'a alors cartographié.

Le nodulé superficiel est très ample et bas; des jupes sableuses gagnent les plus importants des affleurements. Ces derniers, formés de roche à peu près saine (granite porphyroïde alcalin à biotite chloritisée et ferruginisée), sont nombreux et d'aspect divers: champs de petites boules (10 m²) à écailles desquamation, pointements (+ 15 m), filons linéaires. Outre l'aspect particulier des sols, la présence sous jacente de granite est décelée par les très nombreuses termitières, brun ocre ou rougeâtres, selon la couleur des B, à ciments incluant des feldspath.

La dégradation superficielle des sols se manifeste à l'abondance des plages décapées (environ 25 m²). D'ordre hydrique, elle est favorisée par des excès culturels et un piétinement excessif en saison sèche.

53-2 Végétation, Utilisation

Les cultures de mil, très vigoureuses, ne laissent subsister que quelques jachères arbustives à *Combretum glutinosum* (4 m) dans les plus vieilles, à *Boscia* et *Guiera Senegalensi*, *Callotropis procera*, dominées de baobabs, avec un tapis graminéen annuel court à *Schoenefeldia gracilis* et *Eragrostis*. Les jupes sableuses sont couvertes d'une prairie vivace à *Aristida longiflora*, *Cassia mimosioides*, dominée de quelques gros *glutinosum*. Elles sont normalement incultes, mais peuvent porter les bordures des champs de mil de la plaine, avec de médiocres résultats (mils grêles, voir les sols).

53-3 Etude morphologique

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVE SUR MATERIAU SABLO-ARGILEUX A ARGILLO-SABLEUX (CARACTERES LESSIVES HERITES).

HORIZON :	FANTIO (GA 25)			KOMKARA (GA 64)		
	A2	AB	B12	A1	A21	B1
PROFONDEUR (cm) :	22	42	105	5	35	95
Matière organique	0,26	0,24	0,19	0,65	0,41	0,21
Azote	0,18	0,18	0,19	0,40	0,27	0,23
C/N	8,3	7,8	5,8	9,5	8,9	5,2
Phosphore	0,11					
Argile	4,2	9,5	22,5	6,5	13,7	16,7
Linon	7,5	7,0	9,5	5,0	10,0	6,5
Sables fins	60,3	60,0	45,9	58,8	47,1	42,6
Sables grossiers	25,3	23,7	20,2	31,5	29,1	33,9
Fer libre				1,76	1,79	1,95
Fer total				1,80	3,27	3,54
Fer libre/Fer total				98	55	55
Bases échangeables, méq/100 g.						
Ca	0,77	1,34	4,33	2,34	3,25	4,45
Mg	0,86	1,16	2,69	0,98	1,69	1,83
K	0,04	0,04	0,06	0,18	0,14	0,09
Na	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,11
Somme (S)	1,71	2,59	7,14	3,57	5,18	6,48
Capacité d'échange (T)	2,17	3,47	8,16	3,93	6,19	5,99
Saturation (S/T)	79	72	87	91	84	Sat.
pH	5,0	5,0	5,0	6,5	5,4	5,7

Les sols des glacis ensablés possèdent les teintes foncées, la base modifiée par un mauvais drainage, les horizons supérieurs épais propres à cette sous famille dont on a décrit le Faciès Brun Rouge, plus septentrional (IIIB4-2). Ils se distinguent de ce dernier par des A moins sombres et des pH notablement plus acides. Les sols des jupes sableuses sont peu différenciés et identiques à ceux des ergs jeunes. Il existe des sols de transition dans les positions topographiques intermédiaires.

533-3 Sols de transition vers les sols peu structurés des ergs jeunes.

La base du revers de l'erg 'jeune' (= à sols faiblement structurés) formant la limite Nord de l'unité, dominant les glacis ensablés, porte un Ferrugineux Peu Lessivés à développement structural intermédiaire avec ceux des sols des glacis ensablés, avec un A1 gris brun (10 YR 4/2), A2 brun ocre (10 YR 4/3), l'ensemble épais de 37 cm, B ocre 7,5 YR 4/4, base blanc jaunâtre 10 YR 6,5/4 avec raies. Les sables renferment déjà des feldspats. En dépit des apparences on ne peut les considérer avec certitude comme un faciès mal drainé des sols du glacis à B 5 YR, car ces derniers lui succèdent vers le bas de pente.

53-4 Etude Analytique (voir tableau)

La granulométrie, les taux de matière organique et leur répartition ne se séparent pas de ceux des dunes rouges sur Birrimien. Les C/N, plus régulièrement proches de 10, sont plus élevés que dans le Faciès Brun Rouge. La profondeur de l'horizon humifère 'analytique' est de l'ordre de 55 cm. Les pH sont franchement acides, bien que la désaturation reste faible. Dans les bases Ca domine mais Mg est plus abondant qu'il n'est habituel (influence du substrat). Les réserves en eau sont médiocres, d'au plus 70 mm/m dont 30 mm d'utilisables. La fertilité potentielle est très basse dans les sols les mieux drainés (B jaune rouge) qui sont plus acides et désaturés, médiocre dans les sols à B ocre (7,5 YR).

Le sol 'intermédiaire' présente un taux de matière organique et de K anormalement élevés dans le A1, faisant suspecter une pollution. Il est peu désaturé, ce qui confirme son aspect de sol à drainage interne ralenti (B 7,5 YR). Sa fertilité potentielle est moyenne.

53-5 Conclusions

Cet ensemble ne se distingue de son homologue sur Birrimien que par des nuances du pH et de l'équilibre des cations; il diffère de son équivalent plus septentrional, à Brun Rouge, par une acidification plus grande, des A plus épais. Sa valeur agricole (mil) tient davantage à sa position topographique, améliorant le régime hydrique, qu'à ses propriétés intrinsèques. Elle est amoindrie par une érosion superficielle entretenue par l'absence de pratiques de conservation, qu'il serait nécessaire d'introduire.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A FACIES FERRUGINEUX PEU LESSIVES SUR SABLES
QUARTZEUX A ELEMENTS D'ARENE GRANITIQUE.

		Séries types (1)				Série intermédiaire (2)		
		A1	A2	B	Cg	A1	B	Cg
Horizons :		5	25	55	165	5	55	195
Profondeur :		5	25	45				
Matière organique		0,29 0,45	0,21 0,26	0,12 0,21	0,07	0,68	0,16	0,07
Azote ‰		0,16 0,26	0,18 0,14	0,14 0,12	0,09	0,36	0,10	0,05
C/N		10,6 10	6,7 10,7	5,0 10	4,4	10,8	9	8
Phosphore ‰		0,13	0,04			0,11		
Argile ‰		2,7 2,0	6,0 4,7	10,0 7,2	9,0	4,7	7,5	3,5
Limon ‰		1,5 3,0	0,7 3,2	1,7 3,5	2,2	2,0	2,7	1,7
Sables fins ‰		68,2 62,7	71,1 58,5	71,3 51,4	70,8	67,8	64,4	68,5
Sables grossiers ‰		27,7 29,1	23,1 30,4	17,9 34,4	18,1	26,0	26,1	23,3
Bases échangeables, méq/100 g	Ca	0,56 1,34	0,61 1,91	0,83 2,33	0,82	2,78	2,20	0,97
	Mg	0,56 0,84	0,60 1,28	0,91 1,95	0,81	1,25	1,21	0,52
	K	0,05 0,12	0,05 0,06	0,04 0,05	0,04	0,24	0,05	0,04
	Na	0,06 0,04	0,06 0,06	0,09 0,06	0,27	0,06	0,07	0,02
	Somme (S)	1,23 2,34	1,32 3,31	1,87 4,35	1,94	4,33	3,53	1,55
	Capacité d'échange (T)	1,66 2,63	2,25 3,78	2,80 4,76	2,30	3,59	3,93	1,90
	Saturation ‰ (S/T)	74 89	59 87	67 91	84	Sat.	90	81
pH	5,2 6,0	4,9 6,4	5,0 6,5	4,8	6,3	5,7	5,5	
Humidité équivalente ‰	1,6							
Instabilité structurale (IS)	0,56							
Perméabilité cm/h	1,2							

(1) : Ligne supérieure, GA 52, sol à concrétions; ligne inférieure, GA 20, base jaunie.

(2) : GA 51, base décolorée à raies .

IIIB-6 LES SOLS DE TRANSITION PEU EVOLUES D'EROSION A BRUNS SUBARIDES (SOLS SUBARIDES DE GLACIS). FACIES RUBEFIE. (cf. Nig. Occ., t. 2, pp. 53 - 61).

B6-1 Famille sur colluvions argilo-sableuses (Birrimien).

61-1 Situation, modelé.

Cette unité est celle des glacis fonctionnels, non ou faiblement concrétionnés, non ensablés, établis sur Birrimien, sur tous les deux tiers occidentaux de la carte. Vers l'amont ils peuvent passer, en continuité ou par un très faible décrochement, à des glacis concrétionnés ou faiblement cuirassés. Nous assimilons à des lambeaux de ces derniers les affleurements de cuirasse ou concrétions ferrugineuses qui saillent, généralement en position haute, des glacis à sols rubéfiés. L'aval en est en continuité topographique avec les remblais fluviatiles ou proluviaux qui s'y emboitent. La couverture sableuse en est absente, à l'exception de très petites dunes d'obstacles accrochées aux affleurements rocheux (gabbros, quartz, roches vertes). Les zones de contact avec les ergs sont recouvertes de 'voiles' sableux, minces mais notablement plus argileux que les dunes proprement dites.

Bien que peu pentus (1-5 ‰), ces glacis décèlent par leur aspect superficiel un ruissellement intense et diffus qui se manifeste, nous l'avons observé, dès la première tornade. La surface des sols, brune ou brun rougeâtre, est vêtue d'une mince (1-4 mm) croûte pluviale, finement sableuse ou limoneuse, poreuse mais à sommet lisse et compact, parfois squameuse (bas de pente). Elle est recouverte de plages disjointes de débris grossiers en épanchages monogranulaires, à aspect de reg, de l'ordre de l'are. Ces débris sont d'origine locale : quartz, plaquettes de schistes ferruginisés, gravillons de cuirasses ferrugineuses. Leur taille et leur forme varient ; les quartz peuvent être gros (10 cm) et simplement émoussés, les gravillons sont généralement petits (5 mm) et arrondis. Le classement est nul près des sources de débris, bon en bas de pente. Un vernis ferrugineux s'y forme facilement (jusqu'à 50 ‰ des quartz). Un léger microrelief apparaît fréquemment, dû à une forme d'érosion en nappe ravinante presque généralisée. Il est formé de plages très légèrement déprimées, fortement décapées, limitées vers l'amont par une petite marche (10-50 cm) entaillant les horizons supérieurs du sol, et séparées par des zones en léger ressaut vers l'aval mais passant en continuité topographique à la plage décapée amont. L'ensemble se dispose en bandes irrégulières alternantes, isohypses ou obliques sur les courbes de niveau. Ce phénomène est plus accusé sur les voiles sableux ; là les zones attaquées portent des sols rubéfiés argilo-sableux minces (ex: 30 cm) et les bandes en ressaut (+ 1 m) des sols sablo-argileux au sommet, argilo-sableux à la base, épais (ex : 116 cm). Ce contraste de texture se retrouve souvent, mais très atténué, les horizons superficiels pouvant être plus sableux sur les ressauts.

Les thalwegs, peu visibles et sans lits incisés, sont occupés par des dépôts de colmatage argileux dont nous avons étudié les sols (Bruns Tirsifiés, IIA-2).

61-2 Substrat et matériaux

Ces glacis sont cartographiés soit en roches vertes, massives, soit en roches sédimentaires et métamorphiques très généralement schisteuses. Bien que cette dualité soit également chimique, les sols sont d'une grande homogénéité. De plus leur base est invariablement formée de roches tendres grises ou verdâtres dont l'aspect général est celui des "schistes verts" : chloritoschistes, amphiboloschistes. Nous n'avons pas décrit (à une exception douteuse près) de sols issus de roches vertes et ces dernières n'apparaissent jamais qu'en petits pointement inaltérés. La couverture meuble des glacis, complexe, est formée par :

- au sommet, une pellicule de débris ou de sables ruisselés.
- le matériau proprement dit du sol, argile sableuse assez mince (25-200 cm, médiane 65 cm), pouvant inclure une faible quantité (0-3 %) des débris sus-jacents, à fraction sableuse souvent riche en grains éolisés, à fraction argileuse possédant une capacité d'échange spécifique élevée (52-77 méq/100 g, médiane 60) et des taux importants de fer (rapport fer libre/argile : 12-20 %, rapport fer total/argile : 20-25 %).
- une nappe de débris dont l'épaisseur peut atteindre 50 cm; c'est un mélange aux proportions variables de fragments écaillés de quartz, de gravillons roulés de cuirasses ferrugineuses, de plaquettes de schistes ferruginisés, à taille variant entre 5 et 50 mm, pris dans un emballage argilo-sableux taché et/ou à concrétions ferri-manganésifères. L'agencement des éléments grossiers est celui d'un pavage ou d'un reg.
- ravinée par le dépôt détritique, la roche, altérée et/ou fragmentée selon les modalités suivantes :
 - . roche presque saine, avec filons manganésifères sur les plans de schistosité.
 - . schistes fragmentés non altérés
 - . schistes fragmentés auto-concrétionnés (parfois sur 60 cm)
 - . argile sableuse d'altération grise à brun-olive, tachetée ou à concrétions manganésifères; capacité d'échange spécifique un peu plus forte que dans le sol (76-91 méq/100 g.); épaisseur pouvant atteindre 40 cm.

61-3 Végétation et Utilisation

Cette unité est caractérisée par une formation arbustive épineuse basse (2-4 m) et contractée, où zones arbustives et zones nues ou simplement herbeuses se succèdent pour former une "brousse tigrée" irrégulière. Les espèces ligneuses et l'essentiel du tapis graminéen tendent à se concentrer partout où l'infiltration est améliorée :

- soit par la position topographique (thalwegs)
- soit par l'état physique superficiel du sol, plus poreux (ressauts du microrelief).
- soit par l'action de la végétation elle-même, freinant le ruissellement, filtrant les sables et débris ruisselés, accroissant la porosité (auto-entretien des bandes sous végétation).

Les espèces principales sont :

Arbustes : Acacia Seyal, en fourrés purs dans les zones basses, ubiquiste ailleurs; Balanites Aegyptiaca; un Acacia Senegal; au contact des dunes Bauhinia reticulata.

graminées : Schoenefeldia gracilis, omniprésente, Pennisetum pédicellatum (sciaphile), Cenchrus biflorus, Cymbopogon Schoenanthus au contact surtout des glacis sur granites; sur les zones nues des graminées naines.

Flore et physionomie, typiquement Sahéliennes mais en fait fortement édaphiques, sont le reflet des mauvaises conditions d'humectation des sols, corroborées par un important ruissellement déjà décelé par l'état superficiel.

Il n'y a jamais de culture qu'au contact immédiat des dunes, sur des sols dont la texture est généralement (sous famille suivante) mais non obligatoirement allégée. Le reste, la quasi totalité, sert de médiocre terrain de parcours (tapis graminéen ras, fugace, discontinu).

61-4 Etude Morphologique

Ce sont des profil à trois horizons (ou groupes d'horizon) structuraux et de couleur :

- horizon supérieur brun à structures fragmentaires plus ou moins aplaties ou laminaires.
- horizon moyen à structure cubique et rubéfié
- horizons profonds (un ou deux) plus compacts, polyédriques ou vertiques, bruns, brun jaune, brun olive, à taches et/ou concrétions noires, parfois calciques.

Les variations morphologiques résultent de celles de l'érosion qui, agissant sur l'épaisseur et l'état superficiel, augmentent la sécheresse édaphique, et de celles de la position topographique générale dont dépend également le drainage interne. Les sols érodés peuvent être tronqués, sont rubéfiés et possèdent des structures fragmentaires cubiques très nettes. Les sols profonds sont moins colorés et à structure plus compactes virant au polyédrique. Les sols de bas de pente ne sont pas rougis (sols bruns tirsifiés) et admettent plus fréquemment des structures vertiques en profondeurs (sols brun tirsifiés vertiques).

Type tronqué (= Regique Rubéfié sensu stricto)

GA 33 DOLBEL

Lat : 14° 33' 30" N

Long : 0° 22' 0" E

Cote : 277 m

Site : centre d'une bande dénudée, large de 80 m. A 20 m d'une butte de quartz filonien. Dominé (+ 1 m) par un ressaut arbustif à Sols Bruns.

Surface : Brun Rouge foncé à lit monogranulaire de débris arrondis de cuirasse (3-4 mm), ou de débris de quartz très émoussés. Au-dessous croûte pluviale finement poreuse (5 mm).

- 0 - 4 cm : 5 YR 3,5/4; brun rouge foncé, homogène; argilo-sableux; structure motteuse, feuilletée, s'amincissant vers le sommet (4 mm à 1 mm), à éléments séparés de lits de sables fins particuliers; des concrétions manganésifères (cf. infra) non en place.
- 4 - 14 cm : mêmes couleur et texture, avec éléments du 'reg' sus jacent; cubique (2-3 cm) en assemblage compact, sous structure polyédrique en assemblage compact (moins de 5 mm); cohésion forte; compact.
- 14 - 30 cm : 7,5 YR 4/4, brun rougeâtre (contraste faible); des remplissages jaunâtres; même texture; polyédrique (2-4 cm) à faces très irrégulières, parfois luisantes, à cohésion très forte; porosité finement tubulaire peu développée; sur-structure prismatique en navette (10 x 4 cm). Nombreuses ponctuations noires. Des concrétions noires et tendres à la base (2-3 mm).

- 30 - 64 cm : Niveau détritique; base et sommet ondulés; blocs de quartz (5-20 cm) anguleux peu émoussé, à orientation sub-horizontale et plus abondants au sommet, gravillons mamelonnés (jusqu'à 5 mm) de cuirasse; emballage argileux finement poreux marbré le brun et gris, à petites taches rouges; renferme de nombreuses concrétions en place, friables, grosses (jusqu'à 2 cm) à cortex noir et centre identique à la matrice.
- 64 - 88 cm : Schistes autoconcrétionnés: noyaux mamelonnés, arrondis, ou aplatis (3-4 cm) à section noire ou zonée (jaune, rouge, violette), modérément durcis, dans un emballage argileux compact peu abondant.
- 88 - 120 cm : transition: teintes plus pâles et homogènes, plaquettes schisteuses plus abondantes à orientation légèrement conservée; emballage brun jaune peu abondant.
- 120... : Schistes gris friables à auréoles d'expurgation ocre et noires.

Ce type de sol, le plus fréquent, est dépourvu d'horizon humifère morphologiquement exprimée et, de fait, est très pauvre en matière organique. L'évolution s'y limite à une réorganisation structurale affectant un ancien niveau concrétionné.

Type à horizon humifère (transition Regique Rubéfié à Brun Rouge)
 GA 53 DOLBEL (Sonti)
 Lat : 14° 36' 10" N Site : sommet de plages dénudées.
 Long ; 0° 20' 40" E
 Cote : 268 m

Surface : érosion en nappe ravinante; termitières (1,5 m);
 lit de gravillons et graviers de quartz (3-4 mm)

- 0 - 15 cm : 7,5 YR 4/4, brun; argilo-sableux; en plaquettes au sommet (1-2 cm), cubique à la base; cohésion très forte; compact.
- 15 - 60 cm : 5 YR 4/6, brun rouge foncé; argilo-sableux; cubique (1 cm) à polyédrique en assemblage compact; faces parfois lisses; surstructure à tendance prismatique; cohésion excessive; quelques pores tubulaires.
- 60 - 70 cm : même couleur, plus compact, nids de termites.
- 70 - 88 cm : niveau détritique : graviers de quartz (5-50 mm), emballage argileux brun rouge finement polyédrique; concrétions nombreuses noires et mamelonnées (3-4 cm).
- 88 - 100 cm : plaquettes (1 cm) de schiste, subhorizontales.
- 100 - 140 cm : schistes redressés; feuilletés à centre noir, périphérie blanche (début d'auto-concrétionnement).

Type à horizon humifère, profond (Brun Rouge)
 GA 61 KOMKARA
 Lat : 14° 38' 50" N Site : bas de glacis; zone arbustive dense.
 Long : 0° 12' 30" E
 Cote : 261

Surface : légèrement fissurée (e = 1 cm, ϕ = 40 cm); termitières (30 cm);

- 0 - 14 cm : 7,5 YR 4/2, brun; argilo-sableux; prismatique (20 cm); sous structure massive; cohésion très forte; compact.
- 14 - 109 cm : 5 YR 3/3, brun rougeâtre; argilo-sableux; quelques fissures verticales; polyédrique à cubique (2-3 cm) en assemblage compact; cohésion excessive, très dur; porosité semi-tubulaire peu développée, de 14 à 42 cm; quelques racines jusqu'à 60 cm.
- 109 - 200 cm : marbré de brun jaune, gris olive, noir; de belles taches manganésifères peu durcies (1 cm), rondes, jusqu'à 160 cm; argilo-sableux; polyédrique en assemblage très compact; excessivement dur et compact.
- 200 cm ... : niveau détritique : graviers de quartz (5 mm), matrice argilo-sableuse tachée d'ocre.

Bien que non érodé ce sol rare ne se distingue que par une accumulation de matière organique légèrement supérieure et par la disparition de la structure laminaire de surface (= ruissellement) remplacée par une structure prismatique (= engorgement léger).

Variantes à horizon supérieur plus sableux.

Des placages de sables ruisselés peuvent former des horizons supérieurs assez épais (16-18 cm), brun jaunâtre ou rougeâtre (7,5 YR 4-5/4), lités (sables grossiers) ou prismatiques (sables fins), compacts. Leur base dénote un engorgement temporaire du à la discontinuité de perméabilité; il s'y forme une mince ligne rubéfiée ou un petit horizon (jusqu'à 90 cm) de pseudogley, gris taché d'ocre.

Variantes verticales

Certains sols rubéfiés admettent comme troisième horizon un niveau verticale; ex GA 54-3 :

- 33 - 65 cm : 2,5 Y 5,5/2, brun olive à traînées verticales brun rouge; argilosableux; massif, parcouru de faces légèrement obliques et lissées (l = 5 cm, h = 5 cm); très dur et compact.

Fais cette propriété appartient davantage aux Sols Bruns Tirsifiés.

Passage aux Sols Bruns Tirsifiés

La rubéfaction de l'horizon médian disparaît, remplacée par une teinte brune (7,5 YR 4-5/4); on peut cependant observer encore des traces de rougissement en surface, particulièrement sur les faces horizontales des cubes. La structure laminaire de surface s'affaiblit, les plaquettes étant remplacées par des cubes aplatis; la surstructure prismatique y est plus fréquente ainsi que dans le niveau moyen cubique qui se maintiennent, en règle générale; la base est très souvent verticale; les amas calcaires y sont plus fréquents.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE TRANSITION PEU EVOLUES D'EROSION
A BRUNS SUBARIDES (SOLS SUBARIDES DE GLACIS), SUR COLLUVIONS ARGILO-SA-
BLEUSES (BIRRIEN). FACIES RUBEFIE.

A - MATIERE ORGANIQUE

<u>Pas d'horizon humifère (zone nue)</u> GA 33 et GB 13	5 cm	22-35	76	
Matière organique ‰	0,31-0,48	0,28-0,27	0,12-x	
Azote ‰°	0,26-0,32	0,32-0,18	0,32	
C/N	6,9-8,7	5,0-8,3	2,2-x	
Phosphore ‰°	0,67-x	0,16-x		
<u>Un horizon humifère</u> GA 11 et GA 54	x-4 cm	14-x	31-25	x-105
Matière organique ‰	x-1,11	0,72-x	0,38-0,55	x-0,2
Azote ‰°	x-0,72	0,44-x	0,23-0,44	x-0,25
C/N	x-8,9	9,5-x	9,6-7,3	x-4,8
Phosphore ‰°	x-0,18	0,67-x	x-0,17	
<u>Un horizon humifère (zone densément arbustive)</u> GA 61	5 cm	95	195	
Matière organique ‰	1,47	0,39	0,13	
Azote ‰°	0,86	0,36	0,15	
C/N	9,9	6,3	5,3	
Phosphore ‰°	0,21			

Note : premier chiffre = premier profil cité.

B - TEXTURES

Horizon	Sommital	Rubéfié	Profond brun	Altération
	5 cm	5-20-55	31-35-195	76-105
Argile ‰	24,2-26,0-27,2	28,2-29,2-30	22,2-27,0-35	34,5-49
Limon ‰	18,0-21,0-22,2	6,0-15,7-23,2	6,0-18,2-30,7	24,0-27,7
Sables fins ‰	33,3-33,6-37,8	31,6-35,2-38,3	15,7-32,0-45,7	23,6-37,5
Sables grossiers ‰	11,9-14,7-15,9	11,9-15,2-23,3	11,9-24,0-24,5	10,1-12,3

C - PROPRIETES PHYSIQUES

Horizons :	Sommital	Rubéfié
Porosité totale (Volume)	27-30-32	27-27
Porosité air à pF 3	1-2,5-4	0
Humidité équivalente	11,8-14-16,9	15
Eau utilisable	4,7-5,5-8,1	7
Agrégats :		
Alcool	32-60	40-62
Eau	23-38	38-43
Benzène	22-39	42-18
Instabilité (IS)	1,6-2,5-3,7	1,7-2
Perméabilité (cm/h)	0,5-1,4	2-2,5

D - BASES, pH

Horizon		Sommital	Rubéfié	Profond	Altération
Profondeur		5 cm	5-20-55	31-35-195	76-105
Bases échange/méq/100g	Ca	6,9-9-9,7 13,7 (1)	8,7-10,7 16,3	9,6-10,7-14,9 9,7	21,5-23,1
	Mg	6,1-7-,8 5,1	6,2-6,9 4,6	4,1-6,7-7,1 7,1	8,6-18,7
	K	0,15-0,40-0,52	0,05-0,10-0,13	0,07-0,16	0,05-0,07
	Na	0,09-0,12-0,13	0,12-0,26-0,29	0,35-0,47	0,5-2,7
	Somme (S)	14-16,3-19	15,2-17-21	17,3-22,3	32,9-42,5
	Capacité d'éch(T)	15,1-17,5	15,2-17,8-23	16,8-21,2	26,6-44,5
Saturation %		Saturé	Saturé (2)	Saturé	95-100
pH		5,5-6-6,8	5,8-6-6,9	6,3-7-7,3	7,5
Conductivité (1/10)mlhs		0,033-0,042	0,02-0,105	0,024-0,067	0,110
Capacité d'échange spécifique de l'argile		53 - 64	53-60-76	57-60-62	76-91

Notes : (1) = GA 33, équilibre singulier. - (2) = une exception, GA 54, V = 78

61-5 Etude Analytique (cf. tableau)

Textures

Elles sont fort homogènes quant aux taux d'argile (22 à 35 %) et aux proportions des sables, assez fins (Sf/Sg de 1,5 à 3). Les taux de limons sont très dispersés (5-30 %), aussi bien entre profils qu'entre horizons, l'horizon superficiel pouvant être sablo-limoneux, les autres étant toujours argilo-sableux. Pour l'ensemble le rapport A/L varie de 5 à 0,85. Ces caractéristiques sont voisines de celles des sols sur schistes d'Ydouban (cf. IIB21-4). Les matériaux d'altération sous jacent à la nappe détritique sont eux-mêmes relativement plus riches en limon que le profil. Les variations verticales du taux d'argile sont trop faibles et variables pour être interprétables; on soupçonne une légère accumulation dans la zone rubéfiée.

Matière organique

Les taux sont relativement élevés (pour la pluviosité), les C/N bas, caractéristiques de sols à texture lourde en zone Sahélienne. Il existe un bon accord entre ces quantités, l'aspect morphologique, les extrêmes de développement de la végétation. Lorsqu'il existe un horizon humifère morphologiquement exprimé, la zone de décroissance rapide des taux (= horizon humifère analytique) varie de 30 à 60 cm. Lorsqu'il n'existe pas, la décroissance reste linéaire tout au long du profil. Ces sols possèdent des taux de matière organique légèrement plus élevés, et des C/N nettement plus faibles, que les sols de glaciais sur granites (bruns, bruns alcalisés), confirmant l'impression subjective que les premiers étaient moins défavorables au développement de la végétation et de la microflore que les seconds (cf. IIIA 33-1).

Bases, pH.

Les profils sont saturés, avec des pH modérément acides en surfaces et dans le niveau rubéfié, neutres en profondeur. Les taux de bases sont

élevés, à cause des fortes capacités d'échange et de la saturation. A une exception près, très calcique (GA 33), les équilibres des cations sont (en % de S) :

	Surface	Horizon rougi	Profondeur	Altération
Ca	49-56	57-61	48-70	54-66
Mg	40-56	37-44	30-49	26-44
K	1,8-3,7	0,5-0,9	0,3-0,7	0,2-1,2
Na	0,6-0,9	0,5-0,9	1,1-2,2	1,1-8,2

Ca domine Mg de peu, surtout en profondeur; K se concentre en surface, Na en profondeur. Remarquons que ces équilibres sont ceux de solonet magnésiens.

Propriétés physiques

La stabilité structurale est médiocre à moyenne. Ces sols renferment des taux d'agrégats appréciables mais à réaction aux prétraitements très variables, dépendant davantage de chaque profil que du type d'horizon. Certains sols sont insensibles aux prétraitements (= cimentation par des oxydes), d'autres également sensibles à l'eau et au benzène (= sol limoneux pauvre en matière organique). Les réserves en eau sont considérables, à cause des textures et de la compacité : 140 à 150 mm pour les premiers cinquante centimètres, dont 65 mm d'utilisables.

Equilibres de fertilité

Les sols les plus riches en matière organique ont tendance à être carencés en phosphore. L'équilibre Azote-pH est moyen à bon dans les sols les plus organiques (fourrés, bandes arbustives), médiocre dans les zones décapées.

61-6 Conclusions

On peut répartir les divers caractères de ces sols selon les diverses rubriques suivantes :

- Sols Subarides : par les taux de matière organique et les C/N, par la faible désaturation superficielle.
- Sols de glacis : niveau meuble peu épais argileux sur un substrat peu perméable; régime hydrique très contrasté et sévère, ruissellement important; structures laminaires en surface, fragmentaires dans la zone moyenne, à tendance massive à la base; compacité et imperméabilités moyennes élevées; médiocre stabilité structurale; base du profil mal drainée (taches, concrétions), plus riche en bases; ensemble en voie d'érosion aréolaire, dominance de Sols Régiques.
- Glacis Subaride : accentuation des contrastes du régime hydrique, accroissement du ruissellement par disparition locale de la végétation; maintien de la rubéfaction en surface des zones décapées.
- Substrat Birrimien: argiles à fortes capacités d'échange, donc gonflantes; structures plus franchement fragmentaires; profils moins compacts; zone profonde moins franchement engorgée; peu de sodium, renforce les effets précédents. Corrélativement rubéfaction plus importante et fréquente. Concrétionnement manganésifère.

Sol polycyclique : stratigraphie du profil : zone d'altération, reg fossile, sol rubéfié à concrétions en profondeur, lui même en voie d'érosion. S'explique par des vicissitudes climatiques importantes (cf. Nig. Occ.).

Caractères d'attribution incertaine :

- absence de lessivage : même dans les sols les plus épais; soit caractère de jeunesse, soit caractère subaride (interprétation classique); oppose ces sols aux sols dunaires, toujours lessivés.
- rubéfaction : associée à l'absence de lessivage, rapproche ces sols du concept traditionnel de 'Brun Rouge'. Son maintien en surface, après érosion, est un caractère franchement Sahélien confirmé par la cartographie, mais le déséquilibre érosion-pédogenèse dont souffrent ces sols interdit d'attribuer son origine au climat actuel. Elle peut fort bien être héritées de sols voisins actuellement plus méridionaux (Bruns Eutrophes à B de couleur).

Les facteurs favorables d'utilisation de ces sols sont la richesse en bases, des réserves hydriques élevées, des taux d'azote normalement acceptables. Ils sont compromis par l'érosion superficielle, qui diminue irréversiblement l'épaisseur utilisable et amoindrit l'horizon organique, le mauvais état physique qui engendre un important ruissellement et gêne la pénétration des racines. Nous ne croyons pas que l'on puisse espérer une amélioration du maintien des conditions naturelles. Inversement l'absence de toute mesure conservatoire ne se traduira que par une péjoration lente car, en dépit d'un faible couvert végétal, l'érosion est assez lente pour que se maintienne à peu près partout une couverture meuble. En Mauritanie des sols voisins sont cultivés en sorgho sur de petites parcelles (0,5 ha) limitées en aval par une levée isohypse de 50 cm, dont le rôle est de concentrer les eaux de ruissellement, le rapport impluvium/surface cultivée étant de l'ordre de 5. Tout l'art du cultivateur est dans la recherche du sol le plus épais possible. Au Niger, la tradition y est de cultiver seulement les types les plus sableux qui conviennent aux pénicillaires (cf. sous famille suivante). Il est vraisemblable que ces sols ne prendront d'intérêt que lorsque les terres de cultures plus intéressantes (terres dunaires, alluvions, terres de décrue) auront été entièrement occupées.

B6-2 Famille sur colluvions sablo-argileuses mixtes : sables quartzeux, roches vertes altérées.

62-1 Situation, modelé

Dans la sous famille précédente les sables éoliens, ruisselés des dunes ou restes de minces voiles éoliens, ne forment qu'une partie de la fraction sableuse. Dans celle-ci ils enforment la quasi totalité et de surcroît dégraissent notablement la texture, qui devient sablo-argileuse. On l'observe sur des lambeaux de glaciais, de petite taille (1-5 km²), inclus au sein de glaciais ensablés ou de massifs dunaires anciens. Les faciès rubéfiés y dominent, et ils sont associés à des sols dunaires tronqués. Nous avons cependant observé des faciès bruns, sur de petites surfaces non cartographiées, au Nord de fronts dunaires, dans une sorte de gouttière formée par le contact du glaciais et de la dune. La stratigraphie des profils, les formes d'érosion superficielles, sont les mêmes que sur les glaciais argilo-sableux, à ceci près que l'érosion en nappe ravinante peut y prendre ses formes les plus spectaculaires.

62-2 Végétation, Utilisation

Ces glacis portent une brousse arbustive contrastée, où le Seyal tend à disparaître, remplacé par les Balanites et Raddiana. Le tapis graminéen est toujours formé de Schoenefeldia. Ils sont très cultivés en pénicillaires, sans doute parce qu'ils réalisent un compromis entre la richesse minérale des sols rubéfiés argilo-sableux et la perméabilité, la facilité à être travaillé, des sols dunaires.

62-3 Morphologie

Faciès Rubéfié, type GB 68 ALKONGUI

Lat : 14° 40' 10" N

Long : 0° 36' 20" E

Cote : 260 m

Site : sommet de glacis émergeant
d'un massif dunaire longitudinal.

Surface : très rouge, décapée; nombreux affleurements de roche verte et quartz; des épandages de débris (10 cm); des plages nues, d'aspect sableux (profil).

- 0 - 10 cm : 7,5 YR 4/4, brun foncé à lignes noirâtres; sableux, très hétérogène; structure feuilletée au sommet, en plaquettes à la base, localement cubique (2 cm); cohésion moyenne; assez compact.
- 10 - 50 cm : 5 YR 4/6, rouge; sablo-argileux; polyédrique en assemblage compact; cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire fine bien développée.
- 50 - 95 cm : Nappe de débris : quartz (2 cm), gravillons de cuirasse, plaquettes schisteuses ferruginisées; emballage argilo-sableux rouge plus pâle, très riche en concrétions noires (1 cm). Sommet tranché (reg).
- 95 - 110 cm : Nappe de gros blocs de quartz.
- 110 - 140 cm : argile sableuse d'altération (roche verte?): brun verdâtre 5 Y 8/4; argileux; polyédrique en assemblage compact; nombreuses concrétions noires.

Faciès 'Brun à drainage réduit', type GA 34 DOLBEL (Kourki).

Lat : 14° 43' 30" N

Long : 0° 22' 0" E

Cote : 278 m

Site : contact massif dunaire longitudinal-glacis; zone plane; forte érosion en nappe; sur un ressaut.

Surface : brune; des turricules.

0 - 14 cm :

6 - 9 cm : sables ruisselés brun jaune lités; granulométrie homogène par lits, soit à mode de 0,5-0,8 mm (structure particulière), soit à mode de 0,125 mm (structure massive); au sommet fine croûte grise.

9 - 14 cm : sables ruisselés plus fins, bruns et compacts, dont la base passe progressivement à l'horizon suivant.

14 - 28 cm : Brun; sablo-argileux; débit polyédrique assez large (2-3 cm); cohésion forte; porosité semi-tubulaire peu développée; assez dur.

- 28 - 64 cm : Brun vif (équivalent du B de couleur des sols rubéfiés); sablo-argileux; polyédrique (1 cm) en assemblage compact; cohésion moyenne à forte; porosité plus forte; plus tendre.
- 64 - 96 cm : Brun plus foncé; argilo-sableux; débit polyédrique (3-4 cm); cohésion très forte; porosité très réduite, tubulaire, fine; très dur; nombreux nids (mycoterms).
- 96 - 116 cm : Brun sombre, discrètement marbré de jaune et gris; argileux; très dur et compact; polyédrique en assemblage très compact; des nids de termites.
- 116 - 146 cm : niveau détritique à débris de quartz et gravillons de cuirasse; emballage à concrétions manganésifères.

Enracinement : quelques fines radicelles jusqu'à 57 cm.

On notera les effets de l'allègement de la texture : structures n'atteignant que le niveau polyédrique, compactes, et rubéfaction poussée en milieu bien drainé. Le sol brun, hautement polyphasé, colluvionné par la dune proche, est temporairement engorgé en hivernage (turricules de vers).

62-4 Etude Analytique (voir tableau)

La chute des taux d'argile entraîne celle des réserves en bases et celle des taux de matière organique, qui se maintiennent cependant à un niveau supérieur à celui des sols dunaires. Le faciès 'brun' est isohumique, et relativement pauvre pour sa position topographique et sa texture; c'est vraisemblablement dû à sa fossilisation permanente par des colluvions (caractère de Peu Evolué d'Apport). La granulométrie des sables est comparable à celle des glaciens ensablés ou des sillons interdunaires, mais la capacité d'échange spécifique de l'argile et l'équilibre des cations sont les mêmes que dans les matériaux issus de l'altération du Birrimien. Dans le sol brun, de médiocres propriétés structurales confirment la compacité macroscopique du profil. Les réserves en eau sont de l'ordre de la moitié de celles des sols argilo-sableux.

62-5 Conclusions

Que ces sols soient cultivés (B 68 l'est, qui n'est profond que de 50 cm) démontre que les terres les plus recherchées ne sont pas les plus productives mais les plus meubles, accessoirement que les réserves en eau de la nappe détritique doivent être utilisées par les cultures, puisque dans le cas cité les réserves utilisables ne peuvent excéder 50 mm.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE TRANSITION PEU EVOLUES D'EROSION
A BRUNS SUBARIDES (SOLS SUBARIDES DE GLACIS), SUR COLLUVIONS SABLO-
ARGILEUSES MIXTES.

Type d'horizon	Faciès rubéfié (GB 68)			Faciès Brun (GA 34)		
	A	B couleur	Altérite	AII	A12	B couleur
Profondeur (cm)	5	35	135	12	21	48
Matière Organique ‰	0,79	0,24'		0,37	0,35	0,32
Azote ‰°	0,46	0,21		0,25	0,25	0,25
C/N	9,8	6,7		8,8	8	7,2
Phosphore ‰°	0,11		0,06	0,18	0,28	
Argile ‰ (A)	14,7	19,7	49	11,5	15	19
Limon ‰	2,7	6,5	24	6,2	8	7,2
Sables fins ‰	45,3	40	32,5	50	47,6	44,3
Sables grossiers ‰	39,5	38,5	12,3	31,5	26,6	26,7
Bases échangeables, méq/100g						
Ca	4,5	5,3	23,1	4,2	6,3	7,3
Mg	3,6	4,8	18,7	3,3	3,7	5
K	0,12	0,5	0,5	0,08	0,08	0,07
Na	0,06	0,06	0,5	0,01	0,03	0,04
Somme (S)	8,3	10,3	42,5	7,6	10,2	12,4
Capacité d'échange (T)	8,1	10	44,5	8,7	10,9	14,75
T/A ‰		51	91		73	77
pH	6,3	6,6		5,6	5,6	6,3
Saturation (S/T ‰)	Sat.	Sat.	95	87	94	84
Humidité équivalente ‰				6,6		
Eau utilisable ‰				3,2		
Instabilité structurale (IS)				2,4		
Perméabilité cm/h				1,5		

IV - LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

IV - LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

IV-A - GENERALITES

IVA-1 DEFINITIONS (cf. Nig. Occ., t. III, pp. 249-250)

Les Sols Ferrugineux Tropicaux forment une Sous-Classe des Sols à sesquioxydes et à matière organique rapidement minéralisée. Ils sont divisés en deux Groupes selon le degré de lessivage des colloïdes minéraux, l'un Non ou Peu Lessivé, l'autre Lessivé. Ces deux unités, fort naturelles, ont reçu des définitions génétiques auxquelles nous avons substitué, pour des raisons pratiques, des définitions morphologiques :

- nous avons renoncé aux Ferrugineux Non Lessivés.
- les Ferrugineux Peu Lessivés sont des sols à variations progressives de couleur, texture et structure, dans la chaîne desquelles les termes bien drainés dominant; ils sont caractérisés à profondeur moyenne par un ou plusieurs horizons colorés de façon vive et homogène, incluant le plus souvent le B textural et structural, passant progressivement à des horizons supérieurs franchement décolorés sur au moins 20 cm. Les structures ne sont normalement pas fragmentaires (au plus polyédrique en assemblage compact). Le concrétionnement par ferruginisation d'agrégats n'est jamais très intense. Ils se développent exclusivement sur la couverture sableuse, et à ce titre peuvent être qualifiés de psamoferrugineux.
- les Ferrugineux Lessivés sont formés d'horizons à variation de couleur, texture et structure très rapides, avec un niveau supérieur très décoloré, sableux, massif reposant sur un niveau plus argileux à structures fragmentaires, modérément coloré, riche en taches et/ou concrétions. Leurs matériaux sont plus argileux et minces, moins uniformément perméables que ceux de la couverture sableuse, et dérivent, directement ou après remaniements modérés, de l'altération des roches.

IVA-2 EXTENSION

Les Sols Ferrugineux Tropicaux forment une ceinture zonale Soudanienne séparant les Sols Ferrallitiques des climats Guinéens des Sols Subariens des climats Sahéliens. Les Sols Ferrugineux Tropicaux Lessivés, établis sur les roches les plus diverses, pourvu qu'elles libèrent des argiles à basse capacité d'échange, constituent la partie la plus méridionale de cette ceinture et prennent actuellement leur plein développement pour des pluviosités comprises entre 700 et 1.100 mm. Cependant leurs restes, témoins d'épisodes climatiques humides, débordent largement cette zone vers le Nord, en climat actuellement Sahélien. Les Sols Ferrugineux Tropicaux Peu Lessivés sont en fait les sols de la couverture sableuse qui a envahi pendant les périodes arides les marges Sahariennes.

IVA-3 LES SOLS FERRUGINEUX DU BASSIN DU GOROUOL

Les Ferrugineux Lessivés en sont absents faute de facteurs favorables de formation. La pluviométrie est trop faible, l'altération des roches les plus répandues ('roches vertes' et granites) libèrent des argiles à forte

capacité d'échange. Les schistes sériciteux (Birrimien, Ydouban) font exception à cette dernière propriété, mais leur couverture meuble est régique. Ce sont eux cependant qui, en bordure du Beli, sur des produits de colmatage de bas de glacis plus épais, montrent des Sols à Pseudogley à taches de profondeur dont la morphologie converge vers celle de sols lessivés. (cf. IIB213-2). On attribue à des paléosols Ferrugineux Lessivés à concrétions tronqués les cuirasses ferrugineuses de glacis (1A12), visibles sous formes de buttes tabulaires de glacis disséqués, d'affleurements faiblement surélevés, de pavages, épars sur toute la carte, principalement sur le Birrimien. L'absence radicale de tout sol meuble correspondant peut être mise sur le compte de la phase d'érosion majeure qui a précédé la mise en place de l'erg ancien et formé les nappes détritiques sous-jacente à ce dernier et aux sols de glacis.

L'identité de modelé, matériau, morphologie et chimisme des horizons profonds entre Brun Rouge et Ferrugineux Peu Lessivé fait conclure à l'identité du passé pédologique de ces deux ensembles. La phase d'évolution principale ne correspond vraisemblablement nulle part aux conditions climatiques actuelles; cependant il est raisonnable de penser que le déphasage est plus grand pour les sols rubéfiés Sahéliens (Brun-Rouge), qu'on tiendra pour des paléosols. L'empreinte ferrugineuse actuelle, sensible au gradient pluviométrique, ne se décèle que dans les horizons de surface, plus épais, décolorés, acides, désaturés. Nous l'avons notée sur un ensemble de Séries de l'erg "ancien", mais ténue, aléatoire, parce que le bassin est dans la zone de transition (pluviosité : 450 mm) ainsi n'avons-nous parlé que de Faciès (IIIB-5). Il faut descendre d'environ quarante kilomètres dans le Sud pour être sûr de ses diagnoses. Cependant l'aspect de sol lessivé a été parfois bien conservé sur des unités bien évoluées en ce sens : B textural marqué, taches et concrétions en profondeur, caractères annonçant ceux des Ferrugineux Lessivés, et vérifiant une règle empirique qui veut que ce soient les horizons supérieurs des sols les plus différenciés qui soient climatiquement les plus stables.

IVA-4 LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX PEU LESSIVÉS DU BASSIN DU GOROUOL.

A4-1 Les Sols Ferrugineux peu Lessivés à Taches sur sables quartzeux

Nous avons déjà noté la présence, parmi les Faciès Ferrugineux Peu Lessivés, de Séries à concrétions. Le concrétionnement y était dû à des actions de nappe plus qu'à l'évolution propre du profil : il possédait des formes propres (en tubulaires), sans relation avec la structure du sol, et des ciments très durs silico-ferrugineux. Or sur des glacis ensablés, à pentes relativement fortes (2-3 %), rayonnant autour d'une butte cuirassée de l'Ouest de FANTIO, nous avons observé, à la base de sols conservant une allure nette de Ferrugineux Peu Lessivé en dépit d'une violente érosion superficielle (ravines et rigoles), des taches rouges légèrement durcies, à ciments ferrugineux et argileux imprégnant des agrégats polyédriques. Ces ségrégations ont l'aspect de celles de Ferrugineux Lessivés. La chaîne est formée de Séries à B rouge 5 YR en sommet de pente, très érodé, et de Séries à B ocre 7,5 YR en bas de pente, mieux conservées et cultivées. Le matériau fait partie de la couverture sableuse éolienne et recouvre un placage détritique et gravillonnaire.

Cette unité est trop dégradée pour être restaurable; elle est un bon exemple de la destruction de sols sableux mais possédant un B compact par l'érosion hydrique, accélérée par le mode de culture traditionnel.

A4-2 Les Sols Ferrugineux Peu Lessivés à Concrétions sur sables quartzeux à éléments d'arène granitique.

Cette seconde unité a été observée sur un glacis granitique ensablé au Sud-Est de KOLMAN ne se distinguant de ses homologues de la même région, à

sols à Faciès Brun Rouge (IIIB4-2), que par son aspect superficiel, caractérisé par de très nombreuses plages décapées par l'érosion en nappe et des champs de termitières. Il est couvert d'un peuplement arbustif dense à *Bauhinia reticulata*, *Balanites Aegyptiaca*, *Acacia Raddiana* dominant un tapis à *Cenchrus biflorus*.

Type : GB 91 IZAK
Lat : 14° 39' 0" N
Long : 0° 44' 40" E
Cote : 256 m.

- 0 - 27 cm : 10 YR 6/4, beige (brun jaune clair); sableux (0,2 à 0,5 mm); massif; cohésion faible; porosité interstitielle.
- 27 - 67 cm : 5 YR 6/5, jaune rouge pâle; sableux à sablo-argileux; débit polyédrique, cohésion moyenne à forte; porosité semi-tubulaire très développé; nids de termites.
- 67 - 110 cm : même couleur; sablo-argileux; plus compact; cohésion plus forte.
- 110 - 145 cm : horizon fortement concrétionné; les concrétions rouges 2,5 YR 3/4, de 1-2 cm, très mamelonnées, tendres.

Interprétation :

- 0 - 27 cm : horizon humifère et lessivé; contact (27 cm) anormalement brutal (rapport ou évolution vers les Lessivés).
- 27 - 67 cm : A2 en B1, développement d'une forte porosité, caractéristique de A2, dans un B de couleur.
- 67 - 110 cm : Bt, B textural et de couleur.
- 110cm : BfE, horizon concrétionné par imprégnation d'agrégats.

Nous rapprochons l'horizon concrétionné, d'une façon plus générale le matériau de ce sol, du niveau sablo-argileux marbré et taché fossilisé sous un apport sableux à sol à raie, observé sur un glacis granitique à couverture sableuse mince et discontinue (GB 7C, in IIIA 32-4). Tous deux représentaient les restes, variablement tronqués et enfouis, d'une phase plus ancienne et pédologiquement plus évoluée du manteau éolien (erg ancien ?).

Les analyses le montrent nettement lessivé, peu organique, modérément acide en surface, relativement pauvre en bases. Sa basse fertilité potentielle et son état d'érosion accentué peuvent le faire exclure des aménagements.

PROPRIETES ANALYTIQUES D'UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL PEU LESSIVE A CONCRETIONS RELICTUEL, SUR SABLES QUARTZEUX A ELEMENTS D'ARENE GRANITIQUE. (GB 91).

Type d'horizon	A1	A2	Bt	
Profondeur, cm	5	45	105	
Matière organique %	0,33	0,19	0,15	
Azote ‰	0,19	0,16	0,11	
C/N	10,0	6,9	7,3	
Phosphore ‰	0,08			
Argile %	6,0	12,5	15,5	
Limon %	1,7	3,2	2,0	
Sables fins %	54,1	47,2	47,2	
Sables grossiers %	41,9	39,1	36,7	
Bases éch. mg/100 g	Ca	0,77	1,01	1,46
	Mg	0,57	1,42	1,38
	K	0,11	0,06	0,04
	Na	0,03	0,07	0,12
	Somme (S)	1,48	2,56	3,00
	Capacité d'échange (T)	1,1	2,2	2,4
	Saturation (S/T %)	Sat.	Sat.	Sat.
pH	6,75	5,65	5,2	

V - LES VERTISOLS

V - L E S V E R T I S O L S .

VA - G E N E R A L I T E S .

VA-1 D E F I N I T I O N S (cf. Nig. Occ., t. II, pp. 158-163).

Les Vertisols sont des sols dont la structure et, le plus souvent, l'aspect de surface, portent des traces d'efforts mécaniques. Ces actions sont exercées lors des successions d'humectation et de dessiccation des profils et ont leur origine dans la présence d'argiles gonflantes parmi les éléments texturaux.

Pratiquement nous classons comme Vertisols tout profil présentant un nombre suffisant de surfaces de glissement pour donner un horizon à structure à plaquettes obliques (en coin). S'il y a doute le sol est classé comme 'brun tirsifié' ou comme hydromorphe verticale.

Une première Sous-Classe est celle des Vertisols à pédo-climat temporairement humide (ou lithomorphes), une seconde celle des Vertisols à pédo-climat longuement humide, ou Hydromorphes; dans ces derniers la faible perméabilité, due à la texture, s'associe à une situation topographique plane et déprimée pour favoriser l'engorgement. Chacune des Sous Classes est divisée en deux Groupes selon la finesse de la structure de surface, élevée (G. Grumosolique) ou non (Non Grumosolique).

VA-2 E X T E N S I O N

Les Vertisols Lithomorphes, étant liés à des matériaux riches en argiles gonflantes, s'observent souvent sur les glacis et buttes du Birrimien basique (Roches et Schistes verts). Nous n'en avons cependant pas découverts dans le Bassin du Gorouol, où existent seulement des traces d'évolution verticale à la base de Sols Régiques Rubéfiés. Ils paraissent également absents des glacis granitiques à altération montmorillonitique, localement sodique, sans doute parce que les textures n'y sont pas suffisamment argileuses (argile: moins de 25 %), et que la trop forte dispersibilité tend à former des structures plutôt massives.

Les Vertisols Hydromorphes se forment habituellement sur des alluvions argileuses. Dans le Bassin du Gorouol, assez sec et de médiocre étendue, les dépôts alluviaux ou proluviaux, et particulièrement les colmatages argileux, sont fortement influencés dans leur texture et leurs propriétés physiques par la couverture pédologique locale dont ils sont vraisemblablement issus. C'est ainsi que sur la carte on verra que presque tous les Vertisols et sols verticaux sont au bas des glacis Birrimiens non ensablés. La Série d'Ydouban, seule, ferait exception, ses argiles s'étant modifiées in situ. De plus il n'y a de Vertisols suffisamment caractérisés que sur les dépôts les plus récents, ceux de la zone d'inondation temporaire actuelle, à la condition supplémentaire que la durée de submersion déborde largement l'hivernage, c'est-à-dire dans les biefs du lit majeur fonctionnant comme mares temporaires. Ainsi en amont de l'ancien barrage danubien de FATATAKO un remblai plus ancien argileux ne porte que des sols Bruns Tirsifiés (cf. IIIA 22); les textures y sont moins fines et la période de submersion, pluviale, notablement plus courte que dans le lit majeur à Vertisols. A l'Ouest de YATAKALA des dépôts de lit majeur possédant les propriétés mécaniques de matériau verticale n'expriment que peu et irrégulièrement cette virtualité parce que drainés par un profond chenal qui limite le temps d'inondation à celui de la crue.

VA-3 EXPRESSION DES CARACTERES VERTIQUES, MATERIAUX

La diagnose des Vertisols repose surtout sur des caractères de structure sensibles à des variations du régime hydrique et de l'humidité actuelle du sol, de la texture et de la nature de l'argile. Le pouvoir de gonflement croissant et s'exprimant de plus en plus fortement, on observe l'apparition des traits structuraux suivants :

- faces luisantes quelconques de contact formées par compression des agrégats.
- faces obliques et luisantes, striées, incluses dans une masse compacte; sol verticale.
- ces faces obliques se recoupant pour donner une structure en coins (= en plaquettes obliques), croissant en taille et en assemblage de moins en moins compact; Vertisol.
- parallèlement accroissement de la fissuration (= structure prismatique).

Comme les Vertisols du Gorouol ne possèdent pas de caractères extrêmement affirmés (Sous Groupe à caractères Vertiques moyennement accusés), sans doute à cause de la nature minéralogique de leurs argiles (capacité d'échange spécifique inférieure à 50 méq/100g), leur morphologie est sensible à de petites variations texturales, pédoclimatiques. Sur un même flat, avec la même succession d'horizons, tel profil paraîtra verticale, tel autre être un Vertisol. L'expression structurale paraissant contingente, l'ensemble est regroupé dans une seule unité. La classification en est celle du type dominant dont la prédominance est empiriquement vérifiée par l'aspect superficiel, la végétation.

Il serait intéressant de connaître les limites mécaniques d'apparition des structures caractéristiques verticales. La mesure du gonflement n'entrant pas dans la routine, nous lui avons substituée celles du taux d'argile et de la capacité d'échange, qui le déterminent en première approximation. Le tableau ci-dessous montre :

- qu'il y a compensation entre le taux d'argile et sa nature (ici T) pour l'apparition d'un type donné de structure.
- que les Vertisols sont effectivement plus argileux ou à capacité d'échange plus forte.
- que le Birrimien possède des capacités d'échange plus élevées (donc des argiles plus gonflantes) que la formation d'Ydouban).
- que sur cette dernière les Vertisols admettent des limites plus basses: l'engorgement y est en effet plus long que sur Birrimien.
- que la limite cartographique est abaissée sur Birrimien (= forte proportion de sols verticales); les flats, petits, y présentent des variations texturales plus importantes.
- que s'il n'y a pas de structures de gonflement dans nos sols sur granite, c'est avant tout pour une raison texturale.

LIMITES DES TAUX D'ARGILE (A) ET DES CAPACITES D'ECHANGE (T) DEFINISSANT LES DOMAINES D'APPARITION
DES STRUCTURES DE GONFLEMENT

131 -

(horizon profond possédant la structure la plus nette)

	T méq/100g	A %	T/A méq/100g
<u>BIRRI MIEN</u>			
Limites de tous les échantillons (supérieurs inférieurs	25,1 17,9	71 28,7	62,5 36
Limites inférieures d'apparition d'une structure en coin nette Relation empirique correspondante; $T + 1,8A = 125$	21,4	55,7	36
Limites inférieures cartographiques des Vertisols	21,4	45,5	36
Limites inférieures d'apparition de structures vertiques (faces obliques) ou apparentées (facettes luisantes de contact) Relation empirique : $T + 0,17A = 22$ Valeurs	16,5 à 17,9	28,7 à 39	40
<u>YDOUBAN</u>			
Limites de tous les échantillons (supérieures inférieures	17,6 9,9	62,2 41	33,5 17,5
Limites inférieures d'apparition d'une structure en coins nette	13,5	55	25
Limites inférieures cartographiques des Vertisols	13,5	55	25
Limites inférieures d'apparition de structures Vertiques ou apparentées Relation empirique: $T + 0,17 A = 22$ Valeurs	12,4 à 14,9	43,7 à 62,2	20
<u>SERIES A PSEUDOGLEY VERTIQUES DU GOROUL (BIRRI MIEN + YDOUBAN)</u> (structures vertiques, parfois de vertisol nette).			
Limites de tous les échantillons (supérieures inférieures	20,8 18,6	59 58	20 30
<u>GRANITES</u> : Pas de structures de gonflements			
Limites de tous les échantillons (supérieures inférieures	18 11,5	33 21	80 34

Note + Sols correspondants : Birrimien : Vertisols, Hydromorphes Vertiques,
Bruns Tirsifiés, Régiques Rubéfiés
Ydouban : Vertisols, Sols à Gley

Gorouol : Vertisols et Hydromorphes
Vertiques
Granites: Bruns, alcalisés ou à drainage
réduit.

VA-4 - LES VERTISOLS HYDROMORPHES

A4-1 La Série de YUMBAM41-1 Modelé

Ces Vertisols forment le coeur du manteau d'argile de décantation qui revêt la zone la plus basse des mares du Beli aux pieds des glacis sur schistes d'Ydouban. Ils occupent une plaine très plate, d'environ 300 ha, à léger microrelief, formé de dépressions peu étendues ($\phi = 40$ cm), réunies par un réseau de fissures élargies (jusqu'à 10 cm). Ce "gilgai" disparaît vers l'axe de la mare, plus longuement submergé. Une fissuration importante et constante ($\phi = 9-30$ cm, $e = 1-4$ cm, retrait correspondant : 10-13,5 % du volume total) lui donne l'aspect craquelé si typique des mares Sahéliennes en saison sèche. Le passage aux glacis septentrionaux sur schistes est topographiquement insensible et s'accompagne d'une variation progressive des sols. Un petit décrochement les sépare du centre de la plaine, à sols à Gley sur le même matériau. Il correspond à une formation linéaire à galets et débris de schistes dont on retrouve les éléments inclus dans les profils voisins. La durée de la submersion est de plusieurs mois.

41-2 Végétation. Utilisation

C'est une prairie d'hydrophiles prostrées parsemée de rares *Acacia Nilotica* et *Myragina inermis*; elle passe vers la rive Nord à une prairie cespicieuse à *Vetivers*, vers l'axe de la mare à une zone nue en saison sèche, à graminées flottantes et nymphéacées lors de la submersion. Il n'y a pas de cultures. Ce type de pâturage est le meilleur de la mare, mais visiblement surpécéré. Il est détruit dès fin Janvier et le bétail va alors pâturer dans les zones encore en eau.

41-3 Etude Morphologique

Type : GA 89 KX YATAKALA (Kagei)	Site : à 150 m de la limite
Lat : 14° 49' 40" N.	haute des Vertisols (zone à
Long : 0° 18' 35" E.	<i>Vetivers</i>) et à 350 m de la
	limite basse (zone nue). Mi-
	Février.

Surface : léger gilgai, par réseau de fissures élargies et effondrements de prismes; fissuration régulière ($\phi = 60$ cm, $e = 4$ cm, puis polygones de second ordre : $\phi = 15$ cm, $e = 0,5$ cm; évaluation du retrait total : 13,5 %.)

- 0 - 10 cm : 10 YR 6/1, gris à taches ocres linéaires (= racines) 7,5 YR 5/6 diffuses mais nombreuses; argileux; prismatique; très cohérent et compact.
- 10 - 50 cm : 10 YR 5/4, brun jaune homogène; argileux; nombreux débris (schistes, quartz) de 1 à 5 cm; zone d'élargissement des fissures verticales, ces dernières renfermant des mottes laminaires, latéralement comprimées; masse cubique (3 cm) à faces horizontales lisses, localement prismatique; cohésion forte; porosité fine localement bien développée.
- 50 - 100 cm : 10 YR 4/4, brun jaune plus foncé; argileux; moins de débris; très petites nodules calcaires (2 mm); encore quelques grosses fissures; parcouru de très belles faces obliques, lisses (5 cm); structure fine polyédrique (1 cm) en assemblage compact; des concrétions noires, petites, et rondes (4 mm).

Résumé, variantes :

- un horizon supérieur gleyfié, décoloré, légèrement déferritisé, avec zones de réoxydation autour des racines; prismatique, très compact, forte instabilité structurale; épaisseur 7-10 cm.
- un horizon moyen brun jaune, siège des remaniements mécaniques à l'origine du gilgai, du à une légère érosion endogée par l'eau circulant à la base des fissures; cubique, cubique aplati, parfois prismatique, de taille moyenne (3 cm); épaisseur : 33-40 cm.
- un horizon profond, brun jaune foncé à brun olive; faces obliques se développant dès l'état plastique, aboutissant à une structure en plaquettes obliques si le profil est sec (Avril).
- nodules : 2 à 20 mm, dans tout le profil ou dans le troisième horizon (effet des remaniements mécaniques). Associés à des concrétions manganésifères en plomb de chasse.
- débits : plus abondant vers le décrochement, où ils finissent par former un pavage.

Pavage aux Sols à Gley de surface verticales

L'augmentation de la durée de la submersion vers l'aval accroît l'épaisseur du niveau à Gley, sa différenciation, empêche la formation de microrelief, mais conserve les structures de gonflement de profondeur. La limite entre Vertisols à Gley et Sols à Gley verticales est, par convention, où le niveau hydromorphe (= taché) se subdivise en au moins deux horizons bien distincts. Elle coïncide avec l'effacement du microrelief.

Type de Sol Hydromorphe à Gley de surface verticale : NO 45
 YATAKALA (Kagei). Site : à 200 m de la mare permanente.
 Lat : 14° 49' 30" N Mi-Juin.
 Long : 0° 18' 20" E
 Cote : 233 m

Surface : blanche, plane, très fissurée ($\phi = 30$ cm, $e = 3$ cm, puis $\phi = 12$ cm, $e = 5$ mm, retrait total : 12 %).

- 0 - 7 cm: 10 YR 7/1,5, gris très clair à pores décolorés; argileux; structure en plaques; très compact, cohésion forte; porosité presque nulle; niveau de décantation annuel (1).
- 7 - 25 cm: 10 YR 7/2, gris fortement taché d'ocre (5 YR 5/8); argileux, des graviers (1,5-2 cm) de quartz; prismatique puis polyédrique (1-3 cm) à peu de faces, avec assemblage de compacité moyenne ($e = 1$ mm, porosité correspondante : 3-9 %); les faces rugueuses; agrégats compacts, à cohésion forte; quelques pores. Premier horizon de gley.
- 25 - 49 cm: brun marbré d'ocre à pores lissés et décolorés; argileux; polyédrique, mais déjà quelques faces de glissement; presque plastique; compact. Second horizon de gley.
- 49 - 133 cm: 10 YR 4/3,5, brun olive homogène; argileux; structure en plaquettes obliques bien visibles au sommet ($l = 12-9$ cm, $h = 6$ cm); cohésion moyenne; presque plastique; porosité nulle; petits nodules calcaires (2 mm).

(1) : n'est pas le dépôt annuel, mais la fraction remise en suspension par les oiseaux aquatiques, le bétail, puis décantées.

133 - 172 cm: 10 YR 4/4, brun jaune, faces plus grises, des marbrures jaunâtre; argileux; réseau de fines fissures obliques parallèles, à surface rugueuse; compact.

On notera les deux niveaux d'hydromorphie, le premier à pores réoxydés, le second à pores réduits, la disparition du niveau cubique.

Passage aux Sols Hydromorphes à taches de profondeur :

Vers les glacis sur schistes les Vertisols passent à des sols dont l'aspect est voisin de celui de Ferrugineux Lessivés Hydromorphes :

- les horizons supérieurs deviennent plus sableux, corrélativement plus tachés par l'hydromorphie, plus massifs.
- la base du profil conserve sur quelque distance des faces obliques liées et se charge de taches ferrugineuses. La capacité d'échange de l'argile décroît : 27 méq/100 g dans un exemple contre 33 méq.

Passage aux sols à amas ou nodules calcaires

En dehors de cette zone, dans la même position topographique, les Vertisols sont remplacés par des sols à horizon profond également brun jaune et à amas calcaires, mais sans microrelief et à faces obliques peu développées. La légère infériorité des capacités d'échange ne rend qu'imparfaitement compte de cette différence.

41-4 Etude analytique (cf. tableau)

Il est plus commode d'étudier simultanément Vertisols et Sols à Gley Vertiques. Dans les tableaux nous avons fait la distinction par sites: zone moyenne (= prairie, Vertisols à microrelief), zone aval (= zone nue sans décantation, Sols à Gley vertiques), zone aval avec décantation (= mare semi-permanente, Sols à Gley Vertiques), classés par ordre d'hydromorphie croissante.

- Matière organique : concentrée en surface (décroit de 0,45 % par décimètre jusqu'à 30 cm), très minéralisée (bas C/N), le premier caractère étant celui de sols hydromorphes, le second celui de sols de zone Sahélienne que, sur argiles, l'hydromorphie la plus forte n'arrive jamais à effacer. Les taux peuvent paraître faibles pour des sols de cette texture et submersibles, cependant ils sont du même ordre de grandeur que ceux de Vertisols analogues à la même latitude et avec un couvert graminéen ou nul (cf. Vertisols de KEITA, de la vallée du Niger à TILLABERY). Ils croissent irrégulièrement avec la durée de l'inondation, le taux de 'départ' (= submersion nulle) étant de 0,8 % environ.
- Texture : argileuses, moins riches en limon que les produits issus de schistes, ce que peut expliquer leur dépôt par décantation; Les débris exclus, les sables présentent un rapport Sf/Sg remarquablement constant (5) et, naturellement, élevé. Les taux d'argile croissent vers l'aval.
- Fer : ces sols sont relativement apuvres en fer, et légèrement déferritisés en surface, effet normal du gley.
- Bases, pH : la zone à gley décolorée est très acide et modérément désaturée, la base brun jaune verticale à nodules en place saturée et neutre; l'accord avec la morphologie est classique. De même l'équilibre des cations diffère :

dans le gley (q de S), zone moyenne	: Ca=65	Mg=24	K=9	Na=1
" " " " " aval	: Ca=53-56	Mg=40-37	K=6,5-13	Na=0,8-1,5
niveau brun jaune verticale, zone moy.	: Ca=81	Mg=16	K=3	Na=0,3
" " " " " aval	: Ca=60	Mg=36	K=3,1	Na=0,9

Le niveau verticale est plus calcique. On notera les taux élevés de K, de Mg et le rôle négligeable de Na. L'équilibre initial des produits issus des schistes est voisin de celui des horizons de surface. De même la capacité d'échange spécifique de l'argile est plus proche de celle des produits de glaciais en surface qu'en profondeur, où elle est notablement plus élevée.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES VERTISOLS DE YUMBAM

A - MATIERE ORGANIQUE

Site	Zone moyenne, prairie			Zone aval, mare semi-permanente			
	Profondeur, cm	5	25	75	5	15	45	85
Matière organique %	1,41	0,47	0,23	2,23	0,8	0,4	0,19
C/N	8,5	7,3	5	8,1	5,5	4,5	3
Azote ‰	0,96	0,37	0,26	1,59	0,9	0,5	0,35
Phosphore ‰	0,5						

B - TEXTURE

Structures	Zone moyenne			Aval		Aval (décantation)	
	P	C	V	P	V	P	Pol-v.
Argile % (A)	45,5	46	43,7	54	54,2	68	53
Limon %	15	12,7	12	12	9,7	12,5	20
Sables fins %	29	28,5	31,7	26,4	22,1	12	18
Sables grossiers %	7,7	7,7	7,2	5,1	5,3	4	5,6
Fer libre %						2,7	4,1
Fer total %						3,4	4,8
Fer libre/fer total						67	72
Fer libre/argile						4	7,7
Fer total/argile						6	9

Structures : P = prismatique; C = cubique; V = en coins; Pol = polyédrique faces obliques.

C - BASES, pH

Horizon	Surface Gley	Moyen Cubique	Profond Vertique	Moyen Gley
Profondeur, cm :	5	25	75-85	45
Bases échangeables, méq/100 g.				
Ca	4,8-6,2	14,9	18,2-10,9	6,3
Mg	2,0-3,6	2,2	3,7-6,5	4,2
Na	0,07-0,12	0,08	0,08-0,16	0,13
K	0,6-1,5	0,73	0,67-0,74	0,56
Somme (	8,5-10,9	18	22,7-18,3	11,2
Capacité d'échange (T)	11,9-15,2	14,7	14,9-16,6	13,6
Saturation (S/T)	71-73	Sat.	Sat.	83
pH	4,3-4,5	6,9	7,6-7,1	5,4
T/A %	18-26 (1)	32	31-33,5	25

(1) : correction de matière organique non faite.

D - PROPRIETES PHYSIQUES

Site	Zone Moyenne		Aval	Aval (décan- tation)
Profondeur, cm :	5	25	5	15
Porosité mottes % volume (1)	35,5	40	35	35,5
Retrait % volume	13,5		10	12
Porosité totale % volume	44		41,5	43,2
Humidité équivalente % poids	23	18,8	25,9	25,8
Eau utilisable % poids	10	8,5	11	11
Instabilité structurale (IS)	9	6,9	4,1	16,6
Perméabilité, cm/h	0,3	0,4	0,1	0
Taux d'agrégats % stables :				
- après prétraitement alcool	19,7	27,8	27,3	11,9
- " " eau	12	11,6	15,5	7,1
- " " benzène	9,3	10	12,2	4,7

(1) : Profil sec.

- Propriétés Physiques.

Les horizons supérieurs sont très instables et pratiquement imperméables lorsqu'ils sont saturés en eau. Si la morphologie le laissait prévoir; on s'explique difficilement une telle médiocrité (stabilité selon Dabin de 10 à 30 %); ils sont deux fois plus mauvais que les "sols gris" (= Sols à Gley vertiques) de Tillabery qui sont plus magnésiens et sodiques, et pas plus riches en matière organique. Les réserves en eau sont, en admettant qu'à pF 3 le retrait est nul, de 350 mm/m environ, dont 160 mm/m d'utilisables.

- Equilibres de fertilité (Dabin): les équilibres aozte-pH sont moyens à bons en riziculture; le pH étant un peu bas, ils sont médiocres à moyens en culture non submergée. Les taux de phosphore sont en équilibre avec ceux d'azote.

41-5 Conclusions

Ces sols sont formés de deux niveaux au chimisme différent, l'un de Gley acide magnésien, l'autre de Vertisol saturé légèrement carbonaté calcique. Cette dualité existe dans tous les sols de la chaîne, mais elle trouve là son maximum. La désaturation superficielle est partiellement héritée des schistes, puis accentuée par l'engorgement de surface, processus général des sols de la formation d'Ydouban. Par contre l'expérience a montré que l'accumulation des bases en profondeur était propre aux grandes cuvettes colmatées où on l'a attribué à l'évaporation dans le sol de la nappe alluviale phréatique en saison sèche. Nous ne l'avons pas observée et rien n'indique (végétation, absence d'oglots) qu'elle existe à une profondeur affectant les sols. L'homologie morphologique de la chaîne de sols est cependant suffisamment forte pour impliquer son existence, au moins inactuelle.

En profondeur les argiles ont pu ainsi subir une légère transformation se traduisant par une élévation de la capacité d'échange (qui passe en gros de 10-20 à 30 méq/100g.) et du gonflement (passe de 1 à 10 %).

Les deux groupes d'horizons sont incompatibles et le niveau brun jaune calcique verticale disparaît des sols profondément gleyifiés du centre de la dépression. Le sens de leur évolution relative actuelle n'est pas connu; on peut simplement dire que si la submersion augmentait (retenue), les caractères vertiques finiraient par s'effacer.

Ces sols ont des réserves minérales et organiques correctes, mais leur utilisation est limitée par leurs désastreuses propriétés physiques, et de bas pH; ces défauts augmentent avec la durée de submersion, vers l'axe de la mare; ils sont propres au niveau de gley. On ne pourra donc rien espérer de bon d'un simple accroissement de l'inondation. Cependant on pourrait y cultiver, sans aménagement, du sorgho de décrue. Mais il est évident que le riz y est plus indiqué.

A4-2 Les Vertisols du GOROUOL

42-1 Situation, modelé

L'essentiel de ces sols se trouve dans le lit majeur du Gorouol en amont de FANTIO. Ils occupent un flat étiré, large de 200 à 500 m, colmant le lit majeur actuel du Gorouol, encaissé dans des alluvions plus anciennes (de 3 m à Fantio) et moins argileuses, et actuellement drainé par un chenal peu incisé. La submersion ne s'y prolonge au-delà de la crue que dans un chapelet de mouilles. Plus au Nord, la couverture pédologique du bassin devenant plus sableuse, (cf. carte) ces argiles disparaissent presque complètement, à l'exception de mare isolées, d'ailleurs généralement localisées près d'un lambeau de glacis Birrimien nu (Nord de la forêt de KASSA).

La surface de ces sols est fissurée, et déformée par un gilgai en dôme du à l'écoulement des eaux; il disparaît en effet des mares isolées et des bordures :

- Bordure (GA 16); surface brun jaune bosselée ($\phi = 1$ m, h = 30 cm), fissurée ($\phi = 80-100$ cm, e = 5 cm, retrait 5-6 %); niveau maximum de crue 0,8 m.
- Flat (GA 27); surface brune déformée en dômes allongés dans l'axe de l'écoulement (15 x 1 m), fissurée ($\phi = 27$ cm, e = 4 cm, retrait 12,5 %); crue de 1 m.
- Mare isolée (GB 23); surface plane grise fissurée ($\phi = 25$ cm, e = 4 cm, retrait 13,5 %), crue de 2 m.

42-2 Végétation, Utilisation

Sur les bordures ce sont des Seyaleraies, parfois mêlées d'essences hydrophiles essaimant des levées plus sableuses (Mytragynes, Anogeisus), ou encore, à l'inverse, d'essences plus xérophiles venues du glacis si ce dernier est proche (Dichostrachys, Acacia Ataxacantha). L'Acacia campylacantha, essence de sols lourds plus méridionale, fait son apparition au Sud de la carte. Le flat lui même est couvert d'un bois d'Acacia Nilotica, remarquable par son ancienneté, qui en dit long sur la désaffection de ces terres. Les mares sont nues. Ces sols sont incultes.

42-3 Morphologie

Pour abrégé nous en donnons immédiatement la synthèse :

A-Vertisols à Gley, sols du flat et des mares.

Surface : croûte argileuse de 2 à 10 mm.

Horizon de Gley : Gris 10 YR 6/1, à taches ferrugineuses rougeâtres (5 YR 5/8 ou 7,5 YR 5/6), souvent linéaires; argileux; prismatique (ϕ 25-55 cm), sous structure massive, parfois en plaquettes (2 cm) en assemblage compact; cohésion forte à excessive; compact. Epaisseur : 20-25 cm.

Horizon à structures de retrait : gris foncé 10 YR 5/1 à traînées de gley grises ou taches ferrugineuses brun ocre (7,5 YR 4/4); argileux; prismatique comme ci-dessus; sous structure prismatique (10-15 cm) ou cubique (10 cm), ces éléments déjà parcourus de faces obliques lisses; nodules de calcaire et concrétions rondes manganésifères; cohésion très forte. Epaisseur : 50-60 cm.

Horizon verticale : brun jaunâtre 7,5 YR 4/4; argileux; structure en plaquettes obliques (ex : 5 x 2 cm); très cohérent et compact; nodules et concrétions et taches manganésifères. Visible jusqu'à 1,6 m.

Base : sables plus ou moins argileux bariolés.

B-Vertisols, sols de bordure.

Horizon de surface : brun 10 YR 4-5/4; argilo-sableux, souvent pollué de débris venus des glacis; prismatique, sous structure feuilletée. Epaisseur : 12 cm.

Horizon à structures de retrait : brun olive 10 YR 5/4; amas calcaires et concrétions manganésifères; même structure que ci-dessus.

Horizon verticale : idem.

L'ensemble se distingue de celui de Yumbam par des structures plus fragmentaires dans le second horizon, qui n'est jamais polyédrique, et une décoloration moins prononcée, cela grâce à une hydromorphie moins forte, et une stabilité structurale moins médiocre.

42-4 Etude analytique (voir tableau)

Elles ne se distinguent de celles des Vertisols de Yumbam que par une instabilité structurale moins élevée, des réserves en bases (et eau) plus fortes. L'acidification superficielle est très nette. Les réserves en eau sont de 400-440 mm/m dans le flat (utilisables 180-200) et de 360 mm/m sur les bordures (160 mm/m utilisables). Les réserves en phosphore sont bonnes; l'équilibre azote-pH bon, parfois moyen, pour la riziculture dans le flat, moyen sur les bordures; pour les cultures sèches il est moyen dans le flat; médiocre ailleurs.

42-5 Conclusions

L'amélioration de la stabilité structurale ne nous paraît pas suffisante pour envisager l'irrigation sans risques de ces sols qui, chimiquement, conviendraient au blé dur et au coton. Au contraire la riziculture ou les cultures de décrues leur conviendraient bien. Cependant, même pour le sorgho, un aménagement paraît nécessaire, l'écoulement de la crue étant probablement trop précoce par rapport à la date des semis sauf dans quelques mares. Ajoutons qu'il faudra un gros travail de défrichement (qui n'existe pas à Yumbam).

A4-3 Série du Gorouol, en Association avec des Sols Peu Evolués Bruns

C'est une unité de la carte au 50.000, formée par le lit majeur d'un affluent de rive droite du Gorouol, au Sud de DAYAONDO. Fort étroit (100-200 m), ne connaissant plus qu'un écoulement très maigre, il est formé de flats linéaires argileux à Vertisols brun jaune dominants (identiques à ceux des bordures du Gorouol), séparés par des levées basses finement sablo-

argileuses à sols bruns faiblement rubéfiés, déjà décrits (cf. IIIA22-2 et 3). Ce mélange de textures, la richesse chimique générale, l'absence de cultures, favorisent le développement de formations boisées très denses. Cette hétérogénéité empêche tout aménagement d'ensemble; elle est au contraire très favorable à une petite polyculture, la gamme des espèces allant du riz aux cultures maraîchères, en passant par le sorgho, les pénicillaires, le coton. Dans ce cas l'utilisation rationnelle des eaux de crue et ruisselant des glacis de bordure sera nécessaire.

PROPRIETES ANALYTIQUES DE VERTISOLS DU GOROUL

S o l :	Vertisols à Gley		Vertisols de bordure	
Horizon :	Surface	Vertique	Surface	Moyen
Profondeur, cm .	5-10	115	5	45
Matière organique %	0,8-2-2,7	0,2	0,3-0,9	0,3
Azote %	0,5-1,5-1,8	0,4	0,2-0,5	
C/N	7-9	3	7,5-10	
Argile % (A)	54-71	59	38-48	45
Limon %	15-23	21	11-12	11
Sables fins %	7-19	7	28-32	31
Sables grossiers %	0,4-0,6	2	8-15	9
Bases échangeables, méq/100 g.				
Ca	8-10-14	11	6-16	13
Mg	5,7-9,1	8,1	5	6
K	1-1,4	1,7	0,3-0,4	0,4
Na	0,1-0,2	0,2	0,1-0,2	0,07
Somme (S)	15-18-24	21	12-24	20
Capacité d'échange (T)	19,5-25	21	15-22	21,5
Saturation (S/T %)	80-97	98	79-100	93
pH	4,3-4,7	x	5,1-6,8	6,3
T/A méq/100 g.		36		47
Porosité des mottes % volume	45-32		30	
Retrait % volume	9-13,5		5-6	
Porosité totale	41-50		33	
Humidité équivalente % poids	30-32		20	
Eau utilisable	13-14		9	
Instabilité structurale (IS)	2,4-5,6		4	
Perméabilité cm/h	0,8-1,7		0,9	
Agrégats stables % :				
Alcool	32-50		44	
eau	12-22		19	
benzène	1-10		11	

A4-4 Autres Séries

Après son confluent avec le Beli, le Gorouol porte des Sols Hydromorphes Vertiques prenant l'aspect de Vertisols à Gley de surface dans quelques mares dont une a pu être cartographiée à l'Est de Yatakala. Son étude sera faite avec la Série Hydromorphe. Une autre dépression argileuse a de même été observée au contact des glacis sur granite à Sols Bruns et de la formation à galets du Niger, derrière le massif dunaire d'Oussa.

VI - LES SOLS HYDROMORPHES

VI - LES SOLS HYDROMORPHES

VIA-A. GENERALITES.

VIA-1. DEFINITIONS, CLASSIFICATION (cf. Nig., Occ., t.3, pp. 450-451).

Ce sont des sols dont "les caractères sont dus à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau par suite d'un engorgement temporaire de surface, ou d'ensemble, ou par suite de la présence ou de la remontée de la nappe phréatique".

Les horizons hydromorphes peuvent être particulièrement organiques, à fer réduit (Gley, bleu), à fer réduit puis lessivé (Gley, décoloré), à fer réduit puis redistribué et réoxydé (Pseudogley, bariolé), secondairement à concentrations de manganèse, calcaire, gypse.

Les Sous Classes sont définies par les taux de matière organique; une seule est représentée dans le Gorouol, celle des "Sols Hydromorphes Minéraux, ou Peu Humifères, dont la matière organique totale est inférieure à environ 10 % sur au moins 20 cm et, en général, inférieure à 4-5 %". Elle est subdivisée en Groupes selon la présence de Gley ou de Pseudogley, ces derniers en Sous-Groupes selon la localisation du Gley dans le profil, et la nature des ségrégations ferrugineuses du Pseudogley.

VIA-2. LES SOLS HYDROMORPHES DU GOROUOL ET DU BELI.

A2-1 Les modes d'engorgement

Sur les glacis nous avons déjà décrit des sols où se manifestait un mauvais drainage interne, du aux médiocres propriétés physiques du matériau, souvent favorisé par un drainage externe limité : sols Bruns sur schistes verts et granite, Sols Peu Evolués à Faciès Hydromorphe sur schistes sériciteux.

Les nappes phréatiques sont exclues des glacis par l'absence de couverture meuble épaisse; elles sont rares et peu abondantes faute d'une pluviosité suffisante sous le manteau sableux où cependant l'existence de sols à drainage interne ralenti (sols bruns, sols à raies) et parfois d'un concrétionnement par nappe caractérisé décèlent leur présence, estimée généralement fugace ou inactuelle aux profondeurs où elles peuvent affecter les sols. Un peu partout dans ces vallées des horizons profonds de pseudogley, les oglats des sections sans colmatage argileux, manifestent une nappe sous alluviale. Son action, toujours aux profondeurs atteintes, est cependant faible (pseudogley) et jugée moins importante que celle de l'engorgement de surface. Elle s'abaisse très vite en saison sèche, faute d'une réalimentation latérale suffisante et du fait du profond chenal d'écoulement qui incise les sections non colmatées, les plus longues. De fait nous n'avons noté de sols à Gley de profondeur que dans une section de la très petite vallée de TEGUEY, précisément dépourvue de drain et conservant sa nappe tard en saison sèche.

L'essentiel des Sols Hydromorphes se forme dans les vallées du Gorouol et du Beli sous l'action d'un engorgement temporaire du à la crue saisonnière. La crue du Gorouol, très variable dans son importance (de 1 à 2,8 entre 1957 et 1959), s'étend de Juillet à Octobre. En 1961 l'écoulement dura ainsi quatre mois à Dolbel avec une hauteur maximum de l'ordre de trois mètres, correspondant à une submersion moyenne de 75 cm des alluvions pendant trois mois (maximum un mètre). La submersion se prolonge au delà de l'écoulement dans les mares argileuses (Vertisols à Gley), qui ne sont très étendues que dans l'amont du cours. Cela est au contraire la règle pour tout le Beli

qui, obstrué en aval par un bouchon sableux déposé par le Gorouol, fonctionne comme une immense mare qui ne se vide que lentement par évaporation. Là la durée de submersion peut s'étendre à toute l'année, un lac permanent en occupant le centre. Elle est de l'ordre de sept mois pour les sols cartographiés les plus bas (Juillet-Janvier, en 1965). Cela se traduit sur la carte pédologique par la prédominance des Sols à Gley dans le Beli, des Sols à Pseudogley dans le Gorouol.

A2-2 Les ensembles de matériaux

22-1 Le Gorouol (cf. tableau)

Il montre un étagement topographique corrélatif de variations texturales, principal facteur de différenciation des sols et interprétable comme une succession de dépôts :

Les Levées

Elles forment de minces bourrelets limitant le lit majeur ou s'étalent en massifs digités évoquant d'anciens cones d'épandage. Elles ne dominent que de peu (2-3 m) les alluvions du lit majeur et se raccordent, le cas échéant, à la base du glacis. La partie la plus élevée (levée haute) possède des textures homogènes, sableuses à sablo-argileuses. A l'abri de la crue, elle porte des sols rubéfiés, Ferrugineux Peu Lessivés ou Brun Rouge, plus ou moins modifiés par le ralentissement du drainage interne. La partie la plus basse (levée basse) est atteinte par les hautes eaux. Elle se présente soit comme un réseau parallèle de levées étroites (ex : 10 m) séparées par des sillons un peu plus larges (ex : 25 m) subissant un début de colmatage, soit comme un replat taillée dans la levée haute, dominant de peu le lit majeur (moins de un mètre), et évoquant sur photos un ancien axe d'écoulement. Elle porte des Sols à Pseudogley associés aux sols rubéfiés des levées hautes.

Le flat du lit majeur

Après les argiles de Dayaondo (Vertisols, déjà décrits) il est formé d'argiles sableuses et de sables argileux interstratifiés dans les sections recoupant les grands massifs dunaires, d'argiles sableuses ou d'argiles dans les sections recoupant les glacis nus. Lorsqu'il n'est pas argileux, il possède un léger relief, dont des bourrelets de berge (petits, Dolbel : 0,2-0,45 m) et des défluents. C'est parfois la seule formation observable, ce qui peut venir parfois du fait qu'il n'est pas toujours possible de le distinguer de la levée basse. Il porte des Sols à Pseudogley, se rapprochant de types à Gley vertiques sur les argiles.

Le chenal

Il est moins incisé et plus ramifié dans les sections à flat argileux où il disparaît parfois (Dayaondo). De Dolbel à Yatakala, surtout dans la section de Ouanzerbé, ses méandres rongent les alluvions et s'encombrent de sables qui peuvent s'étaler en décharges sur ces dernières. Dans la section aval (Fanfara) la vidange des alluvions est très avancée et le substrat rocheux affleure partout dans le lit majeur; ce creusement actuel du lit est attribuable à celui du Niger et coïncide avec une augmentation de la pente du thalweg (cf. Nig. Occ., t. III, pp. 363-364 et p. 453).

SECTION	CHENAL	PLAT DU LIT MAJEUR Submersible	LEVEE BASES Partiellement Submersible	LEVEE HAUTE
DAYAONDO L = 9 km	Discontinu	-Colmatage argileux -Vertisols à Gley de surface -l = 600 m	-colmatage argileux -Bruns Tirsifiés -l = 400 m	-Sables argileux -Sols Fubefiés et Bruns -l = 650 m
FANTIO L = 5 km	Discontinu	-Colmatage argileux -Vertisols à Gley de surface -l = 100 m	-Sables argileux -Pseudogley d'Ensemble -l = 550 m	-Sables/Sables argileux -Rubéfiés A Pseudogley -l = 200 m
DOLBEL L = 9 km	Très incisé (1 - 3 m)	-Argile sableuse, sables argileux -Pseudogley d'Ensemble -l = 320 m	-indiscernable du flat	-non visible
KASSA L = 6 km	Ramifié, décharges sableuses	-Argiles -Pseudogley à Gley, Vertique -l = 300 m	-douteuse, argile sableuse -Pseudogley d'Ensemble -l = 250 m	-sables argileux -Rubéfié à Pseudogley -l = 400 m
KASSA AVAL L = 6 km	-incisé ou élargi en mare argileuse -Vertisols A Gley -l = 150 m	-Argiles -Vertisols -l = 70 m	-Sables argileux et argiles sableuses -Pseudogley d'Ensemble -l = 500 m	-sables argileux -Rubéfiés A Pseudogley -l = 450 m
OUANZERBE L = 17,5km	-incisé, Divagant -décharges sa- bleuses	-Sables argileux -Pseudogley ensemble -l = 15 à 700 m	-indiscernable du flat	- non visible
CONFLUENT DU BELI	- idem -		- Sables argileux - Pseudogley Ensemble - l = 170 m	- non visibles - des îlots de remblai supé- rieur -Brun Rouge, base jaune
YATAKALA L = 4,5 km	- incisé	-Argile sableuse et colmatage argileux -Pseudogley et Vertisol à Gley -l = 350 m	-Sables argileux -Pseudogley Ensemble -l = 250 m	

LES SECTIONS ALLUVIALES DU GOROUOL (Suite)

<p>BOSSE BANGOU L = 17 km</p>	<p>- Ramifié</p>	<p>-Argile -Pseudogley à Gley, verticale -l = 400 - 500 m</p>	<p>-Confondue avec la suivante</p>	<p>-Sables argileux -Pseudogley Surface-Rubéfiés -l = 200 m</p>
<p>ALKONGUI L = 23 km</p>	<p>- incisé</p>	<p>-argiles sableuses -Pseudogley ensemble -l = 150 à 400 m</p>		<p>-sables -Brun Rouge -l = 0 à 400 m</p>
<p>FANFARA L = 15 km</p>	<p>Très incisé et ramifié</p>	<p>-Sables argileux -Déblayés - l = 400-650 m -rochers</p>	<p>-non visible</p>	<p>- non visible</p>

Textures

	Argile A	Limon L	Sables fins. Sf	Sables grossiers	A/L	Sf/Sg
Levée haute	5-20	1,5-9,5	45-80	5-31	0,6-5,5 <u>1,5</u>	1,7-16
Levée basse	5-27	2,5-10	46-80	5-32	-d-	- d -
Levée basse colmatage	35-45	15-17	30	1	2,5	élevé
Flat	17-35	5-26	14-70	1-20	1-5	1,8-7,3
Flat, colmatage argileux	30-65 <u>50</u>	12-38 <u>20</u>	4-31	0,1-6	1,1-3 <u>2,5</u>	4-à très élevé

Les dépôts s'affinent vers les cotes basses. L'ensemble a évolué vers un colmatage argileux généralisé, du sans doute au ralentissement de l'écoulement. A l'échelle du profil, cela se traduit par la superposition fréquente (levée basse et flat), d'une phase plus argileuse sur une phase plus sableuse. L'ensemble est homogène, caractérisé par la prédominance des sables fins et de l'argile, fait banal dans ces systèmes mais très préjudiciable aux propriétés physiques. Seules certaines levées hautes montrent une granulométrie des sables plus grossière (amont). Les capacités d'échange spécifique des argiles ne montrent pas de différences significatives, à l'exception de celles des Ferrugineux Peu Lessivés de levées hautes bien caractérisés : 27-30 méq contre 32-48 pour le reste. Ces considérations justifient la classification texturale adoptée.

22-2 Le lac de YUMBAM (Beli)

Il a l'aspect d'une gigantesque mare Sahélienne, longue de 18,5 km, large de 1,5 à 2,1 km. Son existence est due au bouchon alluvial édifié à son confluent par le Gorcuol (cf. carte). Il est très plat, uniformisé par un manteau d'argile craquelée en saison sèche. Vers l'aval un étang permanent occupe ce qui subsiste du lit mineur du Beli. On y observe plusieurs formations meubles dont les plus récentes changent parallèlement à la couverture pédologique des glacis riverains. On y distingue, classés par âge supposé croissant :

- des argiles de décantation, tendant à former un flat uniforme partout, où le lit mineur se ramifie en chenaux anastomosés. Le lent retrait des eaux y provoque la formation de zones concentriques à hydromorphie croissant vers le thalweg. Sur la moitié amont et la rive Nord du lac elles sont épaisses et passent progressivement aux dépôts de glacis sur schiste d'Ydouban; la toposéquence y est : Sol Hydromorphe (ou Vertisol) à Gley, Sol Hydromorphe (ou Vertisol) à Pseudogley et amas calcaires, Sol Hydromorphe à Pseudogley et taches rouges en profondeur, Sol Régique Faciès Hydromorphe. Nous avons vu (cf. carte) que les Vertisols sont cantonnés au centre d'un élargissement de la vallée. Ils sont les seuls à posséder un microrelief notable, et encore en dehors de la zone à Gley. Vers l'aval elles sont plus minces et reposent à moins d'un mètre sur des dépôts plus sableux, alluvions sableuses anciennes ou proluvions grossières. En rive Sud Est elles passent latéralement aux argiles d'altération Birrimiennes; la toposéquence est alors : Sol Hydromorphe à Gley, Vertique ou polyphasé - Sol à Pseudogley à amas calcaires, Vertisol, Brun Tirsifié, Régique Rubéfié, les deux derniers hors de la zone d'inondation. L'influence Birrimienne paraît limitée à l'amont de la zone à Pseudogley.

- des proluvions, ou dépôts de cônes d'épandage, édifiés par les affluents latéraux, riches en sables détritiques, issus du Birrimien ou des schistes d'Ydouban. Ils sont inactuels, au moins pour leur partie aval (zone des argiles de décantation).

- des alluvions sableuses homogènes, témoins d'une période de forte hydraulicité. En amont et rive droite elles forment des levées surbaissées (+ 2 m) souvent accrochées à une butte rocheuse; en aval elles paraissent se prolonger par le faisceau de levées basses du Gorouol, s'étendent à faible profondeur sous les argiles finissent par affleurer, donnent des berges étroites très peu surélevées au lit mineur (lac permanent) dont la forme régulière est sans doute due à ce qu'il est creusé dans cette formation.

La zone à Vertisols est encombrée de galets, arrachés aux grès de base, de débris schisteux, que nous n'avons pas observés en place mais qui pourraient former un banc au niveau du léger décrochement séparant les Vertisols des Vertisols à Gley. L'épaisseur des dépôts n'a pas été suffisante, en aval, pour enfouir de petits affleurements rocheux (septa de grès dolomitiques, de jaspes et autres roches siliceuses, filons de gabbros).

Textures

	Argile A	Limon L	Sab.fins S f	Sab.Gros. Sg	A/L	Sf/Sg
Alluv.sableuses	4-11	2-5	46-60	32-37	2	1,3-1,9
Alluv.argileuses :						
1	17-46	7-30	23-47	9-19	0,6-3,2	2,1-2,5
2	25-45	6-26	16-42	4-20	1,2-4,3	2-4
3	40-65	10-34	1-26	0,5-7	1,2-5,4	3-très grand
4	44-68	12-15	12-29	4-8	1,2-9,7	3-4
<p>1 - : Matériau de transition vers les produits issus de schistes d'Ydouban (zone à Pseudogley); capacité d'échange spécifique: 19-27 méq/100 g (T/A).</p> <p>2 - : dépôts minces colmatant le sommet de sables ou de proluvions; T/A : 35-41 près des rives Birrimiennes, 31 ailleurs.</p> <p>3 - : argiles de décantation, Sols à Gley; T/A : 17-24-31 méq.</p> <p>4 - : argiles de décantation, Vertisols; T/A : 31-33 méq.</p>						

L'échelonnement des textures est très voisin de celui des alluvions du Gorouol; il s'agit du même système, mais avec une énorme extension de la dernière phase argileuse. Les différences sont faibles : levées à sables un peu moins fins, capacités d'échanges spécifiques de l'argile plus petites.

A2-3 Végétation

23-1 Gorouol

La végétation est fonction de la durée de la submersion (cote), de la texture. Elle présente un net changement physiognomique de part et d'autre de Boukari-Koire (lat : 14° 30' N.). Au sud dominant de belles formations boisées. Au Nord ce sont surtout des prairies piquetées d'arbres. Le changement est trop brutal pour être naturel et nous l'attribuons à une dégradation pastorale.

levées hautes : les plus sableuses portent une savane boisée ou arborée à Faidherbia albida, Diospyros mespiliformis, à sous strate arbus-tive à Bauhinia reticulata, Guiéra Senegalensis, et tapis herbacé annuel à Ctenium elegans et Pennisetum sp. Plus argileuses, elles voient leur strate arborée s'enrichir d'Anogeissus leiocarpus (au Sud), Vitex sp., Acacia pubescens, Acacia Seyal (contact de glacis), Commiphora Africana, la strate arbus-tive se constituer en fourrés à Boscia Senegalensis, Zizyphus, Combretum micranthum et aculeatum, Acacia Macrostachya. Les termitières sont nombreuses (1-3 m.).

Levées basses : les espèces du flat et de la levée haute s'y mêlent et, selon le voisinage, on peut avoir une savane boisée à Faidherbia, Diospyros, Mitragyna inermis ou bien un bois épineux, moins vigoureux que dans le flat, à Acacia Nilotica, Mitragyne, Bauhinia reticulata. Une sous strate à Guiéra, un tapis herbacé vivace hydrophile à Vetivers sont constants. Dans le Nord ne subsistent que des prairies vivaces, à Vetivers et Eragrostis, piquetées de quelques Faidherbia, Mitragynes, Bauhinia, Tamarindus Indica, Acacia pubescens.

Flat : ce sont des forêts à Mytragyna inermis, Faidherbia albi-da, énormes, Acacia Nilotica, ce dernier se substituant au Faidherbia sur les sols argileux. Le tapis herbacé est formé de Vetivers. Des clairières à Cyperus s'ouvrent dans les zones les plus humides. Dans le Nord la Série Vertique (section de Bosse Bangou) est couverte d'une formation arbustive à Mimosa asperata, piquetées de Nilotica, pubescens, Mytragynes. Le tapis herbacé est formé de Vetivers et de Cyperus. Vers l'aval (sections de Fanfara, Alkongui), ne subsistent plus que ces prairies parsemées des mêmes essences ligneuses.

23-2 Beli

Au contact des glacis sur schistes d'Ydouban on observe la zonation végétale suivante :

- en bordure, une frange arbustive assez dense formée des mêmes espèces que sur les glacis (cf. IIB21-1), enrichie en Bauhinia, et à tapis herbacé parfois identique à celui de la frange suivante.
- une frange à Eragrostis vivace, formant une prairie cespiteuse piquetée de Zizyphus mauritiana et Bauhinia rufescens.
- une frange à Vetiveria Nigritana, formant également une prairie vivace cespiteuse, dominée de quelques Bauhinia reticulata, Mytragyna inermis.
- une zone de prairie hydrophile, rase et prostrée, à Echinochloa stagnina, avec quelques Acacia Nilotica (en îlots très disjoints) et Mitragynes.
- une zone à plantes flottantes, dont des Nymphéacées, nue si elle vient à être exondée.

La zone à Eragrostis marquerait, selon nous, le niveau maximum moyen de la crue; la zone nue ne découvrirait que fin Janvier, en moyenne. Nous donnons ci-dessous deux exemples des dimensions de ces zones :

	Eragrostis	Vetivers	Prairie prostrée	Zone nue
Section étroite	60	80	160	140
Section large	20	325	540	500

(Largeurs, en mètre, comptée du bord de l'étang permanent ou du thalweg).

Des Seyaleraies apparaissent au contact des glaciés Birrimiens, au niveau de la zone à Eragrostis. Les levés, selon leur cote, portent une prairie cespiteuse à Eragrostis ou Vetivers, piquetée de Faidherbia.

En gros la zone à Eragrostis correspond aux sols à Pseudogley peu prononcé de surface, conservant encore fortement l'empreinte de la pédogenèse propre au glacié (Sols à Pseudogley de surface à taches de profondeur, à morphologie de sols lessivés sur les schistes d'Ydouban, Sol Brun Tirsifié ou Vertisol sur schistes Birrimiens). La limite aval des Vetivers est aussi, à peu près, celle du Pseudogley de surface (en général Sols à amas calcaires), dans les sections étroites ou moyennes. Dans les sections élargies cette limite mord un peu dans la zone à Vetivers (au plus de 150 m). La prairie prostrée et la zone nue coïncident avec les Sols à Gley (ou des Vertisols à Gley). Le Gley est plus prononcé au centre de la dépression, mais pas suffisamment pour mériter une subdivision supplémentaire. On est averti de l'allègement des textures des sols à gley, au contact des levées, surtout vers l'"aval, par l'apparition de Vetivers (sables) ou Cypéracées (sables argileux) au sein de la prairie à Echinochloa.

A2-4 Utilisation

Il n'y a pratiquement pas de cultures, ce qui est surprenant étant donné la variété des textures et des régimes de submersion. Nous avons vu de très petits jardins autour de Bongouro, entre Ouangerbé et Yatakala, quelques pieds de coton autour de grosses termitières, un peu de manioc sur les décharges sableuses et les rives dunaires. La mare de Yumbam et le Gorouol, surtout entre Yatakala et le Niger, servent de pâturage de saison sèche, généralement médiocre car les graminées vivaces qui y dominent sont peu consommées. Le meilleur en est formé par la prairie hydrophile de Yumbam, mais elle est très évidemment surchargée. L'existence de ce vaste abreuvoir a entraîné une forte dégradation des pâturages d'alentour. Les sites anciens de villages d'agriculteurs Gourmanche montrent, par leur localisation éloignée des terres dunaires actuellement cultivées, que jadis une partie des terres alluviales étaient utilisées. Actuellement l'élevage, la pêche, l'indifférence à l'égard des cultures irriguées ou de décrue, se conjuguent pour laisser en friche la quasi totalité des Sols Hydromorphes.

A2-5 Etude Morphologique

25-1 Les Sols à Gley de Surface (mare de Yumbam)

251-1 Sols à Gley sableux

Type : GB43 YUMBAM (Yolmahali).

Lat : 14° 47' 25" N

Long : 0° 21' 50" E

Site : Flat, mais pas d'argile de décantation. Vetivers.

Surface : noire.

- 0 - 10 cm : 10 YR 5/1; gris foncé à nombreuses taches linéaires (= racines) ocres 7,5 YR 7/8; sableux, massif, tendance feuilletée au sommet, nuciforme à la base; cohésion moyenne; porosité tubulaire.
- 10 - 20 cm : 10 YR 7/1, gris clair à taches linéaires ocres plus nombreuses; sableux; massif; cohésion faible; très nombreuses racines.
- 20 - 35 cm : mêmes couleurs; taches ocres atteignant 1 cm de large; des pores tubulaires décolorés; sableux, massif, cohésion moyenne.

36 - 67 cm : 10 YR 5/8, ocre jaune avec traînées verticales décolorées; même texture et structure.

67 - 100 cm : teintes plus pâles, cohésion forte.

Synthèse :

La texture ne permet aucune différenciation structurale importante. Seules les couleurs permettent une subdivision en horizons, ces derniers formant trois groupes :

- horizons humifères à Gley avec zones d'oxydation dans les pores; le premier (AG I) est typiquement très foncé (10 YR 3,5-5/1), le second (AG 2) est décoloré (10 YR 6-7/1 ou 6/2), la matière organique, moins abondante (0,2-0,3 % contre 1 % environ), ne masquant plus la déferritisation. Epaisseurs : * 4-15 cm pour AG I et 10-20 cm pour AG 2.

- horizon médian de Pseudogley et Gley, avec réoxydation diffuse de la masse, et déferritisation autour des pores (g-G); fond ocre jaune 10 YR 5/6-8, pores gris. Ces derniers peuvent envahir la base de l'horizon sus-jacent (AG 2). Parfois des taches manganésifères noires en un ou deux niveaux. Epaisseur importante : 45 à plus de 65 cm.

- horizons profonds de pseudogley, diversement bariolés; suggèrent la présence d'une nappe temporaire en hivernage. Maximum de cohésion et dureté du profil. Epaisseur non définie.

251-2 Les Sols à ley polyphasés

Leur matériau dérive de celui des sols ci-dessus par dépôt de dépôts plus fins sur les sables ou des proluvions à sables grossiers. La tendance générale est au colmatage mais les textures superficielles ne sont pas franchement argileuses, soit à cause du léger microrelief de levée, soit à cause de l'instabilité hydrodynamique du confluent Beli-Gorouol, où ces sols sont abondants. On peut expliquer de même l'alternance de niveaux à textures différentes SA/S, S/AS, SA/A/S.

Une structure prismatique ($\phi = 10-20$ cm) dénonce les textures plus argileuses superficielles; AGI est identique, à la structure près; AG2, outre les taches linéaires élargies, possèdent aussi des taches de formes irrégulières; l'horizon g-G à réoxydation diffuse disparaît s'il correspond à un niveau non sableux, il est remplacé par un horizon gris bariolé.

251-3 Les Sols à Gley argileux

Type : GA 79 YUM^{BAM} (Kabia)

Lat : 14° 50' 40" N.

Long : 0° 15' 50" E.

Site : Flat argileux; à 212 m du

bas de glaciais et 19 m de

la mare; prairie hydrophile

prostrée.

Surface : blanche et fissurée ($\phi = 30$ cm, e = 2 cm, retrait = 6 %); plane.

0 - 15 cm : 10 YR 6/1, gris clair à très rares taches (pores) jaune clair (2,5 Y 7/4); argileux; prismatique; sommet canaliculé; cohésion et dureté excessives.

15 - 27 cm : 10 YR 5/2, gris un peu moins clair; fortement taché (pores et faces d'agrégats) de rouge 5 YR 4/8; argileux; polyédrique (2 cm) en assemblage compact; cohésion très forte; très compact.

27 - 100 cm : 10 YR 5/5 (humide), brun jaunâtre avec réseau de pores décolorés; argileux; des concrétions noires en "plomb de chasse"; quelques petits quartz émoussés; massif, amorces de faces de glissement; plastique.

Ce profil succède à un sol d'amont à Gley de surface moins prononcé et à nodules calcaires, cette succession étant équivalente à celle des Vertisols et Vertisols à Gley déjà étudiée. La base en est d'ailleurs légèrement verticale.

Type à nodules calcaires : GA 78 YUMBAM (Kabia)
 Lat : 14° 50' 40" N Site : à 157 du bas de glacis et 74 m
 Long : 0° 15' 50" E de la mare. Amont de la prairie

Surface : fissurée ($\delta = 25$ cm, $e = 1$ cm, retrait = 4 %).

- 0 - 10 cm : 2,5 Y 7/1, gris clair à pores et faces largement envahies d'ocre jaune 7,5 YR 5/8; argileux; prismatique; très compact, en dehors de quelques pores tubulaires; cohésion excessive, très dur.
- 10 - 35 cm : brun ocre à brun jaune; des mouchetures noires; argileux; grossièrement cubique (10 cm) en assemblage compact; des concrétions plomb de chasse.
- 35 - 85 cm : 10 YR 5/5, brun jaune; argileux; nombreux nodules calcaires (1 cm); massif, quelques faces de glissement; très dur et compact.

Synthèse (voir tableau ci-contre) :

On distingue également trois groupes d'horizons :

- un horizon supérieur à gley, humifère mais très pâle parce que les taux sont faibles (moins de 3 %) pour la texture (AG) et qu'il est déferritisé, absolument dépourvu de toutes taches dans les points les plus bas, prismatique. Il repose sur un second horizon encore faiblement organique (AG2) avec des zones de réoxydations qui peuvent être extrêmement abondantes (AgFe) si la position topographique du sol n'est pas trop basse. Cet horizon manque sur la totalité de certaines chaînes (de Kabia à la levée de Bourkouglou).

- un horizon à répartition diffuse des hydroxydes, peu colorés, avec d'abondantes zones de réduction dans les pores (g-G), à répartition homogène ou au contraire plus dense à certains niveaux. Il succède à l'horizon brun jaune des sols à amas calcaires. Il est l'équivalent de l'horizon ocre à pores gris des sols à gley sableux.

- un ou plusieurs horizons de pseudogley de profondeur, bariolés, attribuables à un engorgement temporaire par nappe.

Dans les sols à nodules et amas calcaires, moins durablement submergés, l'horizon supérieur peut n'être qu'à Pseudogley (Ag : taches linéaires ocres très abondantes); l'horizon AgFe est très rare; l'horizon g-G est remplacé par un horizon brun jaune à nodules et concrétions manganésifères, parfois marbré (BCa).

La succession des structures est : prismatique (AG ou Ag), cubique assez grossière avec parfois tendance polyédrique ou prismatique, soit en Ag Fe ou AG2, soit au sommet de g-G ou Bca si l'horizon précédent manque; cela signifie que le niveau cubique se localise à une profondeur peu variable (sommet de 10 à 25 cm). Il peut manquer. La base du profil est polyédrique en assemblage compact ou légèrement verticale (sols à nodules calcaires, certains sols à taches). L'ensemble est très compact, cohérent, dur.

25-2 Les Sols à Pseudogley de Surface

252-1 Les Séries Rubéfiées du remblai du Gorouol

Ce sont les sols de la levée haute; ils ont l'aspect de sols

- A - SOLS A TACHES

Type d'horizon	Epaisseur (cm)	Couleur	SEGREGATIONS		STRUCTURE
			Type	Couleur	
AG	10-17-25	2,5 Y 6-7/0 - 10YR 6/1 Gris clair	l à 0	2,5 Y 7/0-4 Jaune clair	- Pr, ϕ = 50 à 13 cm - Retrait : 2,5 à 13 %
A g Fe à A G2	7-13-17 ou 0	10YR 5/1 à 5/2 - Gris 7,5 YR 5/8 - ocre	t à l T (rare)	7,5YR 5/8 ou 5YR4/8 7,5 YR 5/8	- Po (2 cm); parfois C(3-4cm)
g-G	20 à plus de 80	2,5 Y 7/3 ou 7,5 YR 5/6 beige à brun jaunâtre	lg t Mn CMn Si V.	gris noir noir	- PO (1 cm) ou V Si AgFe absent : Pr à C, (C5 cm), (Po).
g	indéterminée sommet à plus de 45 cm	bariolé, gris et ocre	t, T	ocre	Po (1-2 cm)
B - SOLS A NODULES CALCAIRES					
Ag à AG	10 - 12	10 7/2 ou 2,5 Y 7/1 gris clair	t et/ou tl	7,5 YR 5/8 ou 6/6 ocre	Pr, ϕ 25-70 cm, retrait 1-3,5 % parfois C à PO (5 cm)
Ag Fe (raie)	0 ou 20 cm	10 7/2 Gris	t	7,5 YR 6/6 ocre	PO (1-2 cm)
BCa	sommet de 12 à 90 cm	10 YR ou 7,5 YR 5/5 Brun olive à Brun jaune	NCa (0,5-4cm) CMn t (rare)	blanc noir marbrures ocres	sommet C (10 cm) Base v

NOTES : Types de ségrégations. T = taches très abondantes, t = taches, l = taches linéaires (pores), C = concrétions, N = nodules, Ca = calcaire Mn manganèse

Structures : Pr = prismatique, Po = polyédrique, C = cubique, v = verticale

Ferrugineux Peu Lessivés à horizons variablement transformés par l'hydromorphie.

Type très sableux : GA 3 BONGOURO

Lat : 14° 34' 50" N Site : levée haute dominant de 2 m le
Long : 0° 15' 20" E flat du lit majeur. Savane arbo-
réc à gros Faidherbia.

Surface : brun clair; couverte de rejets (pelotes) d'insectes
fouisseurs; termitières rouges (3 m).

0 - 7 cm : A1g.

10 YR 5/2,5, gris beige; très fines ségrégations ocres autour
de pores et formant un réseau; sableux; débit feuilleté; co-
héSION moyenne à faible; porosité finement tubulaire, finement
interstitielle, bien développée.

7 - 30 cm : A2g

7,5 YR 5/5, brun jaunâtre, ségrégations plus pâles; sableux;
débit mamelonné, cohésion moyenne; même porosité.

30 - 55 cm : BA

Horizon de transition jaune rouge à réticulum brun jaune à très
faible contraste; moins sableux; débit plus mamelonné; cohésion
moyenne, quelques agrégats durcis.

55 - 112 cm : B

5 YR 4/8, rouge, à réticulum jaune rouge à faible contraste;
le plus argileux, reste sableux; même débit; porosité semi-tu-
bulaire, quelques pores fins; même cohésion.

112 - 190 cm : BCg

5 YR 5/8, rouge jaune, avec zones jaune rouge ($\phi = 3$ mm) autour
de gros pores; même structure et porosité.

190 - 235 cm : Cg

7,5 YR 6/8, jaunâtre; les mêmes zones légèrement décolorées;
plus sableux; débit plus régulier; cohésion moyenne; porosité
passant au type interstitiel.

Transitions : graduelles, surtout à 55, 112, 190 cm.

Enracinement: chevelu très fin jusqu'à 35 cm; des radicelles jusqu'à la base.

C'est un très beau Ferrugineux Peu Lessivé, où l'hydromorphie
se traduit par une certaine mobilisation des hydroxydes autour des pores,
l'apparition de la porosité tubulaire, la teinte très grise (pour ce type de
sol) du A1. L'engorgement est pluvial, le ralentissement du drainage étant du
à la crue. On notera que le B (zone à répartition diffuse des hydroxydes)
sépare deux niveaux à ségrégations, comme dans les sols à Gley que nous ve-
nons de voir.

Variantes :

Elles ont été observées sur des levées sablo-argileuses (Kassa,
Dayaondo). Le caractère commun y est de posséder des structures (ou débits)
polyédriques en assemblage compact (1-2 cm) dans le B à cohésion élevée et une
très forte porosité, semi-tubulaire et tubulaire, souvent grossière, dans le
A2, qui peut paraître spongieux; c'est là l'accentuation d'une propriété nor-
male de cet horizon. Sans que l'on sache pourquoi la couleur du B est soit
rouge, soit brun ocre (7,5 YR 4/4) comme dans les sols dits 'à drainage réduit'.
Les ségrégations ont tendance à envahir tout le profil (sauf parfois le A1)
sont plus abondantes et de types plus caractéristiques (taches linéaires ocres
ou noires, marbrures). Enfin le A paraît plus brun que gris : 7,5 YR 5/5, 10YR
5-6/5-4.

25-3 Les Sols à Pseudogley d'ensemble

Ce sont les sols de levée basse du Gorouol et du Beli, et du flat de lit majeur du Gorouol.

253-1 Les Sols à Pseudogley d'ensemble sableux et polyphasés à phases sableuses (levées basses)

Type sableux : GA 75 YUMBAN (Kabia)

Lat : 14° 51' 40" N Site : levée basse accrochée en amont à une butte rocheuse. Vetivers, Eragrostis, Faidherbia; prairie.
Long : 0° 14' 40" E

Surface : grise, quelques termitières

0 - 20 cm : Ag
10 YR 6,5/2, gris clair à nombreuses taches linéaires (pores) ocres (10 YR 5/6); sableux; débit régulier, cohésion moyenne; porosité uniquement tubulaire; entre 10 et 20 cm débris de schistes altérés.

20 - 35 cm : g-G
10 YR 4,5/4, brun à taches ocres diffuses et pores décolorés; massif; cohésion forte; dur.

35 - 100 cm : g
Brun jaunâtre marbré de brun rougeâtre; sableux; débit polyédrique; cohésion moins forte; encore quelques pores.

Type polyphasé : GA I BONGOURC

Lat : 14° 34' 35" N. Site : levée basse accolée au glacis à remblai sableux. Pente faible. Savane boisée.
Long : 0° 15' 20" E.

Surface : unie, gris brun clair; pulvérulente après culture.

0 - 8 cm : Ag
10 YR 5/2, gris clair à nombreuses taches ocres 7,5 YR 5/6, soit linéaires et verticales (pores racinaires, $\phi = 1$ mm) soit laminaires, élargies, horizontales, surtout fréquentes à la base du niveau feuilleté; finement sableux à sablo-argileux; très feuilleté sur les 5 premiers centimètres qui sont plus foncés; ensuite débit polyédrique; cohésion moyenne porosité tubulaire médiocrement développée.

Transition sur 5 cm.

8 - 38 cm : g-G
10 YR 6/4, brun jaunâtre clair à taches ocres et réticulum décoloré gris; finement sableux; polyédrique en assemblage compact (moins de 10 cm); cohésion moyenne; plus tendre; plus poreux.

Transition sur 9 cm.

38 - 107 cm : g1
10 YR 6/4,5, brun jaunâtre à rougeâtre à pores à enduits ocres (7,5 YR 5/6) ou légèrement décolorés et brun jaunâtre répartis par zone; des taches noires manganésifères ($\phi = 5$ mm) des pores à gaine manganésifère ($\phi = 3$ mm); finement sableux; polyédrique en assemblage très compact; cohésion forte; moins poreux ($\phi = 0,5$ mm).

Transition sur 20 cm.

107 - 190 cm : g2

10 YR 6/5, brun rougeâtre; très nombreuses taches rouges 5 YR 5/6, $\phi = 1-2$ cm, à fort contraste, et réticulum brun jaunâtre; finement sablo-argileux; prismatique ($\phi = 20$ cm au plus), les faces verticales à saupoudrage (squelettine) de sables fins propres; cohésion très forte; très dur; peu de pores (1-2/cm²).

190 - 223 cm : g3

se distingue par des taches plus larges et jaunes, une porosité plus grossière, une dureté moins élevée.

Enracinement : racines de Vétivers divergentes (1 mm) jusqu'à 120 cm; de grosses racines (arbres) entre 60 et 140 cm.

Synthèse :

Il est également possible de regrouper les horizons en trois ensembles moins distincts cependant que dans les sols à gley :

- un horizon de surface gris à taches linéaires ferrugineuses abondantes (Ag); son épaisseur varie de 8 à 30 cm (médiane 15 cm); sa teinte est gris clair 10 YR 5-6,5/2 et 6/3-4, un peu plus foncée 10 YR 5-6/1 dans les replats plus durablement inondés. Il est donc plus pâle que dans les sols sableux à Gley, parce que moins organique. La matière organique se concentre parfois davantage sur les 5 premiers centimètres, sans constituer pour autant un horizon distinct. Il est massif, à débit mamelonné (sableux), ou polyédrique (sablo-argileux), de cohésion moyenne (sableux) ou moyenne à forte (sablo-argileux). La porosité, toujours tubulaire, n'est jamais très développée, surtout dans les replats. Une structure prismatique annonce un début de colmatage par une argile sableuse.

- un horizon de pseudogley, où les ségrégations sont les moins individualisées; il est gris ou brun avec une nuance jaunâtre (10 YR 4-6/4,6/3,5 et 7,5 YR 4/4), avec soit des taches ocres (comme ci-dessus, 7,5 YR ou 10 YR 5/6), soit des pores décolorés (g-G). Son épaisseur varie de 15 à 35 cm. La structure en est plus développée qu'en A, mamelonnée s'il est sableux, polyédrique, parfois motteuse (2 cm) s'il est sablo-argileux. Le développement de la porosité y est variable, mais y trouve son maximum.

- un ou plusieurs horizons de pseudogley plus nettement bariolés, plus clairs que le précédent (10 YR 6/6, 7,5 YR 4/6), à taches rouges (5 YR 4-5/6 et 4/4), parfois anastomosées, rarement linéaires, associées ou non à des taches linéaires grises et à des ségrégations (taches linéaires, taches rondes) manganésifères. La structure en est parfois moins différenciée (débit remplaçant une structure), toujours plus compacte.

Il existe en outre des profils aberrants n'entrant pas dans ce système morphologique :

- profils faisant le passage aux sols Ferrugineux Peu Lessivés de levées hautes; possèdent un Ag épais beige à taches linéaires ocres reposant sur un horizon rouge (5 YR 4/4) plus argileux et structuré, à marbrures légèrement décolorées et taches manganésifères.

- profil calcaire; un seul exemplaire vu au confluent du Beli; formé d'un Ag normal reposant sur un horizon brun jaune à taches linéaires grises (équivalent de g-G), très épais (plus de 80 cm), avec amas calcaires bourrant les pores, et taches manganésifères au sommet. Il est localement associé à des profils montrant la même succession d'horizons mais non calcaires. Ces sols ne sont pas mieux structurés.

Répartition des types.

Les sols sableux sont ceux des levées du Beli; les types à phases sablo-argileuses s'observent au confluent du Gorouol et du Beli, et dans les faisceaux de levées digités du Gorouol (cf. VI A22-1), cartographiés en Association avec des sols rubéfiés de levée haute.

253-2 Les sols à Pseudogley d'Ensemble sablo-argileux et argilo-sableux (flat de lit majeur du Gorouol).

Type Sablo-argileux des sections aval (Fanfara)

GC 5 OUSSA

Lat : 14° 45' 50" N.

Long : 0° 56' 30" E.

Cote : 223 m

Site : flat, près du lit mineur; nappe phréatique dans ce dernier, à 230 cm de la surface des alluvions. Prairie à Vetivers.

- 0 - 70 cm : 10 YR 6/1, gris à taches ocres 7,5 YR 5/8; finement sablo-argileux; débit mamelonné; cohésion moyenne; porosité tubulaire bien développée jusqu'à 50 cm (racines);
- 70 - 150 cm : 10 YR 6,5/2 gris plus clair à taches brun ocre 7,5 YR 5/6; sablo-argileux; débit polyédrique; cohésion forte.

Type Argilo-sableux des sections médianes (Dolbel)

GA 41 DOLBEL

Lat : 14° 36' 50" N.

Long : 0° 16' 20" E.

Site : flat; forêt de faidherbia.

Surface : croûte de 5 mm finement sablo-argileuse, grise à taches ocres, compacte et dure.

- 0 - 15 cm : Ag
10 YR 5/2, gris à taches rougeâtres (7,5 YR 5/6) très nombreuses; argilo-sableux; polyédrique (5-10 mm); porosité tubulaire forte; cohésion forte.
- 15 - 38 mm : g1 ou Ag2
10 YR 6/2, gris plus clair, taches rougeâtres plus étendues (2 cm); même texture; polyédrique (3 cm) en assemblage plus compact; même cohésion, porosité plus grossière
- 38 - 80 cm : même teinte et texture; structure devenant massive, cohésion très forte; très dur; peu poreux.
- 80 - 155 cm : g2-G
10 YR 6/4, gris jaune à très larges marbrures ocre jaune; sableux; massif, débit mamelonné; cohésion très forte; des pores de 1 mm, souvent décolorés; des taches noires de 3 mm; très dur
- 155 - 200 cm : mêmes sables plus largement envahis de taches brun jaune; massif, cohésion moyenne à forte; dureté moyenne; pores plus fins et rares.

Synthèse.

La plupart des profils sont polyphasés. La base en est généralement plus sableuse; les sols les plus argileux sont ceux de dépressions coincées entre le glaciais et la berge. Les variations de textures sont si rapides qu'il n'est généralement pas possible de raccorder les phases sur trente mètres. Cependant par le jeu de compensations et grâce à la médiocrité struc-

turale l'hétérogénéité physique est faible; on peut simplement opposer les sections aval, plus sableuses et mieux drainées, aux sections amont. La division en trois groupes d'horizon est encore valable, mais plus difficile que pour les sols à Gley.

- horizons humifères à Pseudogley (Ag).
 - épaisseur totale : 12-~~25~~-38 cm; dans le 1/3 des cas un sous horizon supérieur plus foncé et moins taché (Ag1) épais de 14-15 cm.
 - couleur : 10 YR 6/1-1,5 et 5/2, gris clair et gris; sous horizon inférieur plus clair 10 YR 6/2.
 - ségrégations : taches qui ne sont plus strictement localisées dans les pores (ce dernier caractère signe d'une hydro-morphie plus poussée et se conservant plus longtemps dans les textures sableuses), marbrures, réticulum; teintes ocres 7,5 YR 5/6-8. Plus abondante dans le second sous horizon (Ag2) ou à la base du Ag non subdivisé.
 - structure des phases argilo-sableuses : prismatique deux fois sur trois ($\phi = 5-20$ cm); sous structure ou structure polyédrique, à une exception, cubique, près; éléments de tailles très variables d'un profil à l'autre (0,5-5 cm), les structures fines étant très fréquentes sous la forêt à Mytragynes et Faidherbia des sections amont (Dolbel), parfois presque grumeleuses (0,4 cm), et vraisemblablement dues à des boutis de phacochères. L'assemblage est généralement peu compact, lâche pour les structures les plus fines. La cohésion est toujours forte. La porosité, tubulaire, est grossière (0,5-2 mm) et bien développée. La base (Ag2) peut être plus compacte.
 - structures des phases sablo-argileuses : débit mamelonné à polyédrique de cohésion moyenne.
- horizons médians de pseudogley à ségrégations minima (g1, parfois g-G 1)
 - épaisseur : 20-~~38~~-43 cm; souvent indiscernable de Ag dans les sols sablo-argileux d'aval.
 - couleur : gris très légèrement coloré (beige) 10 YR 5-6/2.
 - ségrégations : taches plus foncées que dans Ag, ocre brun ou jaunâtre 5 YR 4/5, 7,5 YR 5/4-6, 10 YR 5/8, souvent diffuses et à faible contraste; parfois taches linéaires décolorées grises (g-G).
 - structure : débit mamelonné ou polyédrique (sablo-argileux) ou polyédrique en assemblage compact (argilo-sableux); cohésion forte à excessive; porosité très réduite, parfois nulle.
- horizons profonds de Pseudogley (g2, plus souvent que ci-dessus g-G2)
 - épaisseur indéterminée; parfois un premier sous horizon très fortement taché (45-80 cm).
 - couleurs : teintes ocres foncées 7,5 YR 5/6, 6/5, brun jaunâtre 10 YR 6/4, formées par la superposition, sur un fond gris 10 YR 6,5/2 de nombreuses taches diffuses ocres et jaunâtre.

- ségrégations : 10 YR 5/8 nombreuses taches ocres parfois anastomosées, jaunâtres plus diffuses, souvent associées à des taches manganésifères (3-5 cm) et à des zones linéaires décolorées (g-G). Exception : ce niveau peut ne présenter que des pores décolorés, ou être absolument homogène; il renferme alors des amas calcaires (un cas, Dolbel).
- structure : comme ci-dessus, ou plus massive (débit remplaçant une structure. Cohésion très forte à excessive, compact.

253-3 Les Sols à Pseudogley d'Ensemble Argileux. Série

Vertique du Gorouol et types voisins

Il existe des sols plus argileux que les précédents :

- dans de petites dépressions colmatées de levée basse (Fantio)

- dans le flat de lit majeur de Kassa; ils présentent occasionnellement des structures vertiques; un lit mineur très instable et l'abondance des levées est à l'origine de phases sableuses superficielles ou profonde imposant une Association de types. Des sols voisins existent également dans des dépressions du lit majeur à Sols habituellement argilo-sableux (Bongouro). Ces dépressions se distinguent des mares à vertisols à gley par la présence d'un tapis herbacé.

- dans le flat de lit majeur de Bosse Bangou; ils sont plus régulièrement vertiques; leurs argiles sont intermédiaires entre celles du Beli (Ydouban) et celles du Gorouol traversant le Birrimien; ils passent en rive Nord à une mince frange de sols à taches de profondeur et faciés lessivé identiques à ceux du Beli. Ils forment la Série Vertique du Gorouol.

Type de dépression colmatée de levée basse : GA 26 FANTIO

Lat : 14° 30' 45" N Site : zone plane surhaussée de 2-3 m sur le
 Long : 0° 14' 10" N flat argileux (= levée basse); séparé de
 Cote : 242 m. ce dernier par une levée sableuse étroite
 inondable. Mitragynes et Nilotica.

Surface : plane, non fissurée; quelques petites dépressions ($\phi = 30$ cm) fissurées; croûte brun jaune de 2 mm.

- 0 - 26 cm : 10 YR 6/3, brun jaune; des pores légèrement décolorés, gris, à auréole ocre 7,5 YR 5/6; au sommet, sur 1 cm, litage ocre et gris; argileux; structure mottueuse, croulante, cubique (2-3 cm) à faces rugueuses, arrangement prismatique; légère tendance feuillée au sommet; des éléments nuciformes de 5 mm; cohésion moyenne à forte; très poreux (semi tubulaire et tubulaire); quelques racines traçantes ($\phi = 2$ cm).

base tranchée (semelle)

- 26 - 60 cm : 10 YR 5/5, brun jaune à brun ocre; pores racinaires fortement décolorés; argileux; polyédrique en assemblage très compact les faces peu nombreuses, les arêtes aigües, les agrégats un peu aplatis; cohésion excessive; très dur et compact.
- 60 - 80 cm : se distingue par la disparition des zones grises et une teinte plus ocre.

Type de la forêt de Kassa : GA 60 KASSA

Lat : 14° 39' 05" N

Long : 0° 14' 55" E

Site : flat de lit majeur; forêt de Mitragynas

Surface : bosselée; litière de feuilles puis crôte argileuse de 15 mm grise tachée de jaune.

- 0 - 14 cm : 5 Y 6/1, gris clair avec beau réseau de pores orangés 7,5 YR 5/6 ($\phi = 2$ mm); argileux; cubique (5 cm), motteux, base à tendance prismatique; sous structure polyédrique fine en assemblage compact; cohésion très forte; bonne porosité tubulaire.
- 14 - 40 cm : gris clair, les taches orangées envahissant les faces d'agrégats; argileux; prismatique ($\phi = 5$ cm, L = 10 cm); cohésion excessive, très dur; sommet de l'horizon très tranché et compact (semelle).
- 40 - 135 cm : gris un peu plus foncé, fortement envahi de brun ocre; argileux; prismatique à cubique (3 cm) à faces légèrement obliques; assemblage assez compact (e = 1 mm); cohésion excessive; très compact.
- 135 - 180 cm : 10 YR 6/1 gris, taches brunes; argileux; même structure, assemblage plus compact; sous structure polyédrique (1 cm); également cohérent et compact.

Enracinement : racines jusqu'à 90 cm, radicelles jusqu'à 120 cm

Type Vertique de la section de Bosse: GB 51 BOSSE BANGOU

Lat : 14° 46' 40" N

Long : 0° 30' 0" E

Cote : 235 m

Site : flat de lit majeur; formation à *Mimosa asperata*.

Surface : réseau de chenaux peu déprimés limitant de petites surfaces plus hautes (profil) également fissurées ($\phi = 20$ cm, e = 1 cm, retrait 4 %).

- 0 - 22 cm : 2,5 Y 6,5/0, gris clair à taches ocre jaune 10 YR 5/8 très nombreuses à la base; argileux; prismatique (20 cm); très compact et dur; cohésion très forte.
- 22 - 65 cm : 10 YR 4/3, brun à traînées gris bleuté (1 cm) 10 YR 5/1 à fort contraste; argileux; prismatique, sous structure cubique (5 cm) à faces parfois lisses; cohésion excessive; porosité semi-tubulaire très fine.
- 65 - 133 cm : 10 YR 5/3,5, brun presque homogène; argileux; structure en plaquettes obliques (5 x 1 cm) lissées en assemblage très compact; pas de pores.
- 133 - 160 cm : 10 YR 4/4, brun plus foncé, formé de la juxtaposition de marbrures jaunes, grises, brun ocre; argilo-sableux; polyédrique en assemblage très compact; fine porosité tubulaire; des nodules calcaires de 5 mm.

Synthèse

On peut regrouper les horizons dans les ensembles suivants :

- horizon (s) supérieur (s) humifères, décolorés, à ségrégations ferrugineuses abondantes (Ag à AG).

épaisseur : 15 - 25 - 48 cm.

couleur : brun jaune 10 YR 6/3 en levée haute moins durablement submergée, gris clair 10 YR 5-6/1, ou 2,5 Y 6,5/0, ou 5 Y 6/1, ailleurs; ces dernières teintes étant celles des Vertisols à Gley de surface et annonçant une déferritisation; cependant les ségrégations sont plus abondantes.

ségrégations : le plus souvent taches linéaires ocres rougeâtres 7,5 YR 5-6/6-8 ou 10 YR 5/8, plus abondantes à la base et pouvant y envahir les faces structurales; elles permettent alors, accompagnées d'une variation structurale, de définir un sous horizon (Ag 2 Fe)

structures : présence constante d'une structure, ou sur-structure prismatique, au moins en Ag2 ($\phi = 5-20$ cm, retrait 3-12 %) et discernable comme arrangement jusque dans le sol de levée. En Ag1, ou au sommet de Ag-G, structure "naturelle" soit cubique (3-5 cm) aplatie à feuilletée vers le sommet, soit massive dans les zones les plus engorgées. Remplacée par une structure fine (0,2-2 cm), polyédrique à grumeleuse, due aux boutis de phacochères. Ces derniers arrivent ainsi à ameublir la casi totalité des sols sous forêt (Kassa), et une fraction appréciable des sols sous formation à mimosa (Bosse bangou). Cet horizon est limité par une 'semelle'; il résiste à la submersion, les petits agrégats étant alors repris dans une surstructure prismatique. La cohésion est très forte à excessive, la porosité tubulaire, très développée sous forêt, presque nulle sous mimosas.

- horizons médians à ségrégations moins abondantes (g1, ou g-G) :

- épaisseur : 25 à plus de 100 cm.

- couleurs : ocre et brun ocre 7,5 YR 4/4 et 3/2, bruns 10 YR 4-4,5/4 et 5/3,5-4,5 (Série Vertique), plus rarement gris foncé 10 YR 5/1.

- ségrégations : marbrures peu contrastées ou zones linéaires décolorées (g-G), ces dernières parfois limitées à la partie supérieure de cet ensemble, la base en étant alors homogène; teinte: 7,5 YR 4/6, 10 YR 6/2.

- structures : la structure prismatique de Ag s'y prolonge souvent (Série Vertique) où est remplacée par une structure prismatique plus fine ($\phi = 5$ cm) (sols de Kassa). La structure cubique est quasi générale à ce niveau (exception : levée), d'une taille de 2-5 cm, avec sous structure polyédrique en assemblage compact (1 cm), cohésion excessive, porosité nulle à très faible. La base, plus rarement (Kassa) la totalité du niveau cubique prend un caractère Vertique par apparition de faces luisantes, de l'oblicuité, de l'aplatissement, ce dernier stade plus fréquent dans la Série Vertique. Cette dernière produit, dans les zones les plus déprimées, des Vertisols à Gley, certains cartographiables isolément à l'Est de Yatakala. Ces derniers sont prismatiques (sous structure massive) en AG1, cubiques au sommet de g1, à belles faces de glissement ($\phi = 20$ cm) à la base.

- horizons profonds à Pseudogley plus prononcé (g2).
 - apparaissent à une profondeur variable (50 à plus de 130 cm), parfois dans une phase texturale plus sableuse. Souvent non observés; sont alors remplacés par la base homogène brun jaunâtre de g1.
 - teintes généralement plus sombres que celles de g1, gris ou gris bruns 10 YR 4 à 6/1, rarement brun jaunâtre 10 YR 4/4, pour les textures argilo-sableuses à argileuses.
 - ségrégations, taches, ou marbrures, rougeâtres 5 YR 4/6, ocres 7,5YR 4/6, brunes 10 YR 4/4; des taches ou concrétions manganésifères, parfois rarement très petits (5 mm) nodules calcaires (Série Vertique).
 - structure prolongeant celle de g1, ou plus compacte (polyédrique en assemblage compact).
 - à la base des sols de Kassa on a observé des sables manifestant un net engorgement de nappe : brun jaunâtres clairs 10 YR 6/4, marbrés au sommet, homogène à la base, cette dernière bouillotte.

253-4 Les Sols à Pseudogley d'ensemble argilo-sableux issus des Schistes d'Ydouban. Chaîne de sols à taches ferrugineuses et à amas calcaires

Ce sont des sols dont la morphologie évoque celle de Ferrugineux Lessivés Hydromorphes, localisés au contact glaciaire-zone d'inondation, correspondant à la frange à Panicum et à l'amont de la frange à Vetivers (en gros). Ils passent en aval à des sols à amas calcaires vertiques (ou à des Vertisols) dans la mare de Yumbam par transformation des horizons profonds à taches ferrugineuses. La limite cartographique est celle de l'horizon supérieur plus sableux de ces sols (d'où la classification de chaîne). Des sols comparables frangent la Série Vertique du Gorouel décrite ci-dessus. L'étude en a déjà été faite in IIB-2.

253-5 Les Sols à Pseudogley d'Ensemble sur proluvions

Des cônes d'épandages riches en sables et débris rocheux se sont mis en place tout autour de la mare de Yumbam, surtout en rives Sud et Nord-Est. Ces produits plongent sous les argiles de décantation, et contribuent alors à donner ce que nous avons cartographié en Sols à Gley de types variables. Leur frange amont affleure dans la zone à Pseudogley; ils s'associent alors aux sols à Pseudogley sur produits moins remaniés (colluvions ou altération) issus des schistes d'Ydouban (sols à taches du paragraphe précédent) ou des schistes Birrimiens (Bruns Tirsifiés et Vertisols), selon la nature des glaciaires riverains.

En rive sud nous avons observé des profils sur ces matériaux complexes; teinte générale gris clair 10 YR 6/1, tachetés d'ocre jaune, grossièrement sablo-argileux (sables éoliens, quartz, feldspath, débris de schistes), très massifs et compacts. En rive Nord-Est il sont plus argileux, bruns, légèrement 'tirsifiés'.

A2-6 Etude Analytique (cf. tableaux)26-1 Vue d'ensemble des divers caractères

Textures : les diagrammes argile-limon du Beli et du Gorouol sont superposables et montrent une évolution continue des sables de levées (dépôts les plus anciens) aux argiles de décantation (dépôts les plus récents). Si on exclut les sols à taches au contact immédiat des glaciers d'Ydouban, très limoneux (cf. IIB 21-4) l'ensemble des dépôts est défini par (Vertisols inclus) :

A/L compris entre 6 et 1
A compris entre 3 et 70 †

Avec les subdivisions suivantes :

Gorouol

levée 'haute' : taux d'argile compris entre	3	et	27
" 'basse' : " " compris "	8	et	40
dépôts colmatant la levée basse : " "	30	et	40
flat à Vertisols (mares) : " "	55	et	70
flat à Sols Vertiques (chenaux multiples):	40	et	60
flat à Sols non Vertiques (un lit incisé):	20	et	40

Beli

levées : taux d'argile compris entre	4	et	12
dépôts minces colmatant les levées: "	25	et	37
frange raccordant le flat aux glaciers"	17	et	47
flat argileux à Sols à Gley : "	40	et	65
" " " Vertisols : "	45	et	68

Les diagrammes sables fins - sables grossiers sont moins semblables. Cependant, à une exception près (sur 80 éch.) Sf/Sg est supérieur à 1,2. Il reste inférieur à 2,7 dans le Beli et dépasse cette valeur (jusqu'à 20) dans les levées du Gorouol. (Bongouro, Fantio, Kassa).

Matière Organique : elle est d'autant plus abondante que le sol est plus argileux, plus durablement inondé, sous couvert forestier (Faidherbia, Mitragynes) plutôt que prairial. Le diagramme matière organique argile permet d'estimer grossièrement l'influence de ces divers facteurs. Le tableau ci-dessous donne, sous forme de relations linéaires, les limites des taux de matière organique propres à chaque catégorie. Il ne peut être homogène, les Sols à Gley sous forêt n'existant pas. La limite inférieure des Sols à Gley est mauvaise, et donnée à titre indicatif, certains sols nus (mares, gué de Kabia) approchant du minimum général.

LIMITE DES TAUX DE MATIERE ORGANIQUE EN FONCTION DES TAUX D'ARGILE (A)

TYPE D'HYDROMORPHIE	ECHANT.	LIMITE INFERIEURE	LIMITE SUPERIEURE
TOUS SOLS - tous couverts	(43/44)	0,0057 A + 0,4	0,065 A + 0,4
GLEYS - prairial	(12/15) (15/15)	0,021 A + 0,4 ?	0,055 A + 0,4
PSEUDOGLEY - tous couverts - prairial	(28/29) (23/24)	0,0057 A + 0,4 " "	0,065 A + 0,4 0,035 A + 0,4
<p>Note : échantillonnage: nombre retenu/nombre total.</p> <p>Les sols des points bas sont ainsi les plus organiques, généralement parce qu'ils sont à la fois les plus argileux et les plus engorgés :</p>			
TEXTURES	PSEUDOGLEY DE SURFACE	LIMITE INFERIEURE	LIMITE SUPERIEURE
SABLEUSES - savanes boisées - prairies	0,48 - 0,57	0,55 - 0,74 0,57 - 0,81	0,84
SABLO-ARGILEUSES - savanes boisées - prairies	0,50 - 0,60	0,8-7,5	1,0 - 1,5
ARGILO-SABLEUSES - forêt - prairies		1,50 - 2,80 0,90 - 1,60	2,20
ARGILEUSES - mares, chenaux nus - prairies - bois d'épineux - forêt - fonds.		1,4 - 2,2 1,4 - 2,2 0,85 1,7 - 3,0 4,7	0,8 - 1,9 1,4-1,7 (Kabia) 2,7

La répartition des taux de matière organique montre des chutes rapides vers la profondeur d'autant plus accusées que le sol est plus argileux et engorgé, corrélativement plus organique :

	Profondeur (cm) de la zone de décroissance rapide	Taux de décroissance(%)
GLEY		
- argileux	30 - 50	58 - 80
- sableux	20	73
PSEUDOGLEY		
- argileux	15 - 40	60 - 87
- sableux	20 - 30	57 - 62
PSEUDOGLEY DE SURFACE		
- sableux	25	30

Les C/N sont peu élevés, caractère qui n'est propre aux sols hydromorphes qu'en climat Sahélien. Très dispersés, ils ne se prêtent pas à une interprétation serrée. Ils paraissent plus sensibles à la texture qu'au type d'hydromorphie : ils sont, douteusement d'ailleurs, maxima dans les Sols à Gley sableux, minima dans les Sols à Gley et Pseudogley argileux et argilo-sableux, intermédiaires dans les sols à Pseudogley de surface ou d'ensemble sableux et sablo-argileux. Cette succession est cependant appuyée par son parallélisme à celle des richesses minérales.

Bases, pH.

Les horizons superficiels sont très acides et désaturés; l'acidification croît avec l'hydromorphie et, plus douteusement, avec le taux d'argile :

pH des Sols Hydromorphes, par textures et types d'hydromorphie:

Texture	Pseudogley de surface	Pseudogley d'ensemble	Gley de surface
Sableuses	5,4 - 5,5	4,9 - 5,3	5
Sablo-argileuses	5,2 - 6	5,2 - 5,3	4,2 - 4,5
Argilo-sableuses		4,3 - 4,8	4,3 - 4,5
Argileuses		4,2 - 4,6	4,3 - 4,5

La désaturation montre des variations encore moins certaines, du fait d'une très lâche corrélation avec le pH. Le coefficient est de l'ordre de 70-90 % pour les sols sableux à Pseudogley de surface, de 60 à 75 pour les sols argileux à Gley de surface. L'acidification doit être pour une grande part organique. Le pH, et la saturation, remontent toujours en profondeur. Cet effet est maximum dans les sols argileux et argilo-sableux des flats où il coïncide avec l'apparition d'horizons de teinte homogène (brun jaune) à concentrations calcaires. Il est alors attribuable à une action de nappe :

. pH des horizons profonds des Sols Hydromorphes, par textures et types d'hydromorphie.

Textures	Pseudogley de surface	Pseudogley d'ensemble	Gley de surface
Sableuses	6,4 - 6,7	5,6	5,7
Sablo-argileuses	5,5 - 6,5	5,5 - 5,8	5,1
Argilo-sableuses		5,4 - 5,8	6,2
" " horizons Ca.		7,9	
Argileuses		4,7 - 6,2	5,3 - 6,2
" horizons Ca.		6,8	6,8

Coefficients de saturation des horizons profonds des sols Hydromorphes

Textures	Pseudogley de surface	Pseudogley d'ensemble	Gley de surface
Sableuses	82 - 100	87	75
Sablo-argileuses	84 - 100	81 - 84	98
Argilo-sableuses		96 - 100	100
Argileuses		100	100

La somme des bases échangeables décroît en surface à l'inverse de l'engorgement, croît avec le taux d'argile, et cela avec des coefficients supérieurs dans les alluvions du Gorouol à ceux du Beli (minéralogie des argiles). Ces facteurs se combinent pour donner un minimum absolu dans les Sols à Gley sableux de YUMBAN, et les maxima dans les Sols à Pseudogley argileux du Gorouol:

Somme des bases échangeables des horizons de surface :

Textures	Pseudogley de surface	Pseudogley d'ensemble	Gley de surface
Sableuses	1,8 - 3,4	3,6 - 4,3	
" Beli		1,8	1,6
Sablo-argileuses	3,8 - 4,6	4,0 - 4,5	
" " Beli		2,5 - 6,5	6 - 7,8
Argilo-sableuses		7,7 - 14,3	
Gorouol			6 - 9,1
Beli			
Argileuses		14 - 16,3	
Gorouol			7 - 9,9
Beli			
Vertisols (pour comparaison)			
Gorouol			15 - 24
Beli			8,5 - 10,9

Dans les horizons profonds, saturés ou presque saturés, non organiques, cette somme est voisine de la capacité d'échange qui ne dépend plus que de la texture et du type d'argile (cf. VIA 22-1 et 22-2) :

Somme des bases échangeables des horizons profonds des Sols Hydromorphes

Textures	Pseudogley de Surface	Pseudogley d'ensemble	Gley de Surface
Sableuses - Gorouol - Beli	2,3 - 4,4	4,5	1,3
Sablo-argileuses - Gorouol - Beli	7,8 - 9,8	8,1 - 11,1 5,6	11,3 (1)
Argilo-sableuses - Gorouol - Beli		10,6 - 18,6 4 - 12,7	8,4
Argileuses - Gorouol - Beli		17,3 - 23,2	8,9 - 13,5
(1) : rive Birrimienne			

Dans les horizons profonds non organiques il est possible d'attribuer la capacité d'échange à la seule argile dont on calcule ainsi, par excès, la capacité d'échange spécifique. On a vu que cette valeur permettait de différencier les alluvions du Gorouol de ceux du Beli. Dans la plupart des sols à Gley et des sols argileux à Pseudogley cette valeur baisse, avec le pH, vers la surface, ce qui suggère une évolution des minéraux argileux selon le chimisme de chaque horizon. Cette circonstance interdit d'ailleurs le calcul de la capacité d'échange de la matière organique dont on n'a pu évaluer que les limites de variation : 110 à 185 méq/100 g.

Les équilibres des cations sont peu variables : la Série Vertique du Gorouol est légèrement plus magnésienne que la moyenne des échantillons. Le calcium est toujours dominant, mais les taux de magnésium sont élevés (selon Durand la classification chimique de l'ensemble est celle de solonetz magnésiens). Des taux de sodium appréciables se manifestent à la base de Sols à Pseudogley du Gorouol, dans des horizons argileux de teinte homogène le plus souvent calcaires, observables sous toute la "Série verticale", dans des dépressions du flat à sols argilo-sableux et dans des dépôts de colmatage de levée basse. Les taux relatifs sont à la limite de ceux de sols alcalisés, mais s'accompagnent de pH peu élevés

TAUX RELATIFS DES CATIONS DES SOLS HYDROMORPHE (Moyennes).

1 - Horizons de surface, en % de T

	Ca	Mg	K	Na	H
Sols à Pseudogley de surface	42,5	23,5	8,5	1	24,5
Sols à Pseudogley d'ensemble					
- sablo-argileux à argileux (Gorouol)	38	24	3,5	0,2-1,5	33
- Argileux "	38	25,5	4,9	0,6	31
- Argileux (Série verticale) "	37,1	28	4,6	0,8	29,5
- Sablo-argileux à argilo-sableux (Beli)	40	21	5	1	33
Sols à Gley de surface					
- sableux (Beli)	29	18	3	1,5	48,5
- argileux (")	31	22	8	1,5	37,5

II - Horizons de surface, en % de S.

	Ca	Mg	K	Na
Sols à Pseudogley de surface	56	31,5	11	1,5
Sols à Pseudogley d'ensemble				
- S. A. à A. S. (Gorouol)	57	35,5	5,2	0,6-2,3
- A. (")	55	35	7	1
- A (série Vertique)	52,5	40	6,5	1
- S A à A S (Beli)	59	31,5	8	1,5
Sols à Gley de surface				
- S (Beli)	56	35	5,5	3,5
- A (")	51	34,5	13	1,6

III - Horizons profonds saturés, ou presque saturés, en % de S.

	Ca	Mg	K	Na
Sols à Pseudogley de surface				
- SA à AS (Gorouol)				
dépressions	46,5	36	2,5	15
autres sites	54,6	41	3,7	0,7
- A (Gorouol)				
Type à nodules Ca	53	39	3,5	4,5
Type sans nodules	55	41	3,2	0,8
- A (Série Vertique)	44,5	43	3	9,5
- SA à AS (Beli)	65	30	4	1
Sols à Gley de surface				
- A (Beli)				
Type à nodules Ca	61,5	34	1,3	3,2
Types sans nodules	56	36,5	6,5	1

Propriétés physiques

La stabilité structurale est dans l'ensemble médiocre à mauvaise. Les sols sableux, les sols sablo-argileux à Pseudogley de surface sont les moins instables; les sols non sableux du Beli sont les pires. Les structures superficielles fines des sols argilo-sableux, argileux du Gorouol sont les seules à produire des taux élevés d'agrégats stables après le prétraitement protecteur (alccol) mais qui s'effondrent sous des actions plus énergiques. D'origine mécanique elles sont donc fragiles et ne doivent leur conservation qu'à l'absence de perturbations pendant toute la période où les sols sont humides. Cette médiocrité générale est la résultante de facteurs texturaux et mésologiques : peu de matière organique pour les taux d'argile, beaucoup de sables fins, propriétés défavorables accentuées par des durées de submersion très longue et une basse capacité d'échange spécifique dans le Beli. Elle paraît irrémédiable sans amendements.

Instabilité structurale (IS), perméabilité (K, cm/h), stabilité structurale (S, Dabin) des Sols Hydromorphes.

Textures	Pseudogley de surface	Pseudogley d'ensemble	Gley de surface (Beli)
Sableuses	IS = 1 - 3,6 K = 0,8- 1,1 S = 42 -53,5	IS = 1,2 - 3 K = 0,5 - 1,5 S = 46 - 49	IS = 1,2 K = 1,9 S = 57
Sablo-argileuses	IS = 1,6- 5,6 K = 0,6- 1,3 S = 36- 51	IS = 2,9 - 4,7 K = 0,7 - 1,4 S = 37 - 48	
Sablo-argileuses à Argilo-sableuses		IS = 1,2 - 6,2 K = 0,2 - 0,5 S = 25 - 46	
Argilo-Sableuses		IS = 2,9 - 4,7 K = 0,7 - 1,0 S = 39 - 45	IS = 4,6-6,7 K = 0,1-0,5 S = 29 - 38
Argileuses		IS = 1,8 - 3,3 K = 0,6 - 0,9 S = 42 - 47,5	
Argileuses (Série Vertique et Beli)		IS = 3 - 8,7 K = 0,4 - 0,6 S = 29 - 40	IS = 7 - 12,5 K = 0,05- 0,5 S = 20 -22,5

Echelle empirique des stabilités (S) : moyenne de 52 à 65, médiocre de 40 à 52, mauvaise de 28 à 40, très mauvaise au-dessous de 28.

Les structures fines n'apparaissent que dans les sols argilo-sableux et argileux du Grououl dont S est supérieur à 40 (maximum 47,5). A l'inverse les sols argileux à Gley du Beli avaient été jugés très mauvais sur leur morphologie, et S n'y dépasse pas 22,5. Les valeurs décevantes des sols sableux rubéfiés à Pseudogley de surface sont attribuables à l'excès des sables fins. La stabilité structurale décroît avec la profondeur.

Les porosités totales (retrait compris) décroissent des sols sableux aux sols sablo-argileux, puis réaugmentent au delà à la faveur de la formation de fissures. Les porosités à pF 3, évaluation du volume d'air des sols ressuyés, sont très faibles dans les sols argilo-sableux et argileux et, dans ces derniers, surtout dues à la fissuration (cette dernière se produisant avant que le sol ne soit ressuyé). En gros il n'y a que les sols de levées à ne pas être asphyxiants.

Les réserves en eau croissent selon les taux d'argile, avec une irrégularité due aux variations géographiques (Birrimien, Ydouban) et locales des argiles, décélées par l'examen des capacités d'échange. L'ensemble des humidités équivalentes (He) peut être liés aux taux d'argile (A) par la relation :

$$He = 0,55 A + 1 \quad (\pm 5,7) \quad 37 \text{ échantillons}$$

Porosités totales (P) et Porosités pour l'air à pF 3 (Pa) des horizons de surface des Sols Hydromorphes.

Textures	Pseudogley de surface	Pseudogley d'Ensemble	Gley de surface (Beli)
Sableuses	P = 38 Pa = 32,5	P = 35-45 Pa = 26-37	P = 31,5 Pa = 22,7
Sablo-Argileuses	P = 36-36,4 Pa = 21,4-25,7	P = 31 Pa = 13	P = 28-30,5 Pa = 2-5
Argilo-Sableuses		P = 44-45 Pa = 5,5-10,5	P = 31,5-35,5 Pa = 0-2,5
Sablo-Argileuses à Argilo-sableuses (Beli)		P = 38-41 Pa = 3-12	
Argileuses		P = x-52 Pa = 0-14	
Argileuses (Série Vertique et Beli)		P = 46-52 Pa = 0-0	P = 32-51 Pa = 0-7,5

Conclusions

Une première conséquence de l'hydromorphie est l'accumulation organique, que renforcent les taux d'argile. Elle n'est cependant pas suffisante pour améliorer notablement les propriétés structurales. Une seconde est la formation de deux milieux chimiquement très différents : d'une part des horizons de surface très acides, d'autre part des horizons profonds saturés, parfois carbonatés et légèrement alcalisés, et à argiles à capacité d'échange plus forte. Cette opposition est la plus contrastée dans les sols argileux.

Au point de vue agronomique, l'ensemble des sols du Beli s'oppose à ceux du Gorouol par une richesse minérale moindre, des pH un peu plus faibles, et surtout par des propriétés physiques nettement inférieures. Partout, en descendant des levées aux flats, on perdra en qualités physiques ce qu'on gagnera en richesse minérale.

26-2 Résumé des principales propriétés par types de sols

Sols à Gley de Surface sableux

Equilibre pH-Azote médiocre en riziculture, très bas en culture sèche. Très faibles réserves minérales. Réserves en eau de l'ordre de 80 mm/m, dont 36 mm d'utilisables. Perméabilité moyenne. L'expérience montre que ce sont ces sols qui accusent les premiers des chutes de rendements en rizicultures. Constituent par contre un bon support pour des cultures maraîchères, avec apports azotés.

Sols à Gley de surface, sablo-argileux à argilo-sableux

Ce sont les 'types variables' de la carte. Equilibre Azote-pH moyen en riziculture, médiocre en culture sèche. Réserves en bases moyenne. Réserves en eau variables selon les textures et leurs stratigraphie : 80 à 250 mm/m environ. Sols rizicoles, mais se prêtant mal à un aménagement d'ensemble du fait de leur hétérogénéité. Sorgho de décrue possible, surtout en rive Sud. Non irrigables avec les moyens ordinaires.

Sols à Gley de surface argileux

Equilibre Azote-pH bon en riziculture (moyen dans la frange à sols à nodules). Réserves en bases moyennes. Réserves en eau élevées : 320 à 490 mm/m, dont 140 à 220 mm/m d'utilisables imperméables. Sols rizicoles. Pas de défrichement ni de planage important à envisager. Zone la plus favorable : l'aval immédiat des levées de Bourkougrou. Zone la moins bonne : section resserrée du gué de Kabia.

Sols à Pseudogley de Surface; Séries rubéfiées

Equilibre azote-pH médiocre. Taux de phosphore suffisants. Réserves en bases médiocres. Perméabilité médiocre. Réserves en eau de 75 à 175 mm/m selon la texture dont 35 à 80 mm d'utilisables. Bonnes terres pour cultures vivrières (arachide, mil, manioc); sites les plus favorables pour l'installation d'arbres fruitiers, les moins difficiles à irriguer. Réalisent un compromis entre les terres dunaires, pauvres mais faciles à travailler, et les alluvions, qui leur vaudra certainement d'être colonisées les premières. Coton possible sur les plus lourdes (Kassa), ailleurs autour des vieilles termitières. Maraîchage plus assuré de réussir. Défrichement important à envisager, au cours duquel on respectera les *Faidherbia*.

Sols à Pseudogley d'ensemble sableux et sablo-argileux

Equilibre azote-pH très bas à médiocre; moyen à médiocre en riziculture. Taux de phosphore suffisants. Réserves en bases médiocres. Perméabilité faible. Réserves en eau de 80 à 180 mm/m, dont 35 à 80 mm d'utilisables. Rizicultivables, mais ne se prêtant que très mal aux aménagements (sections resserrées à lits mineurs très incisés). Irrigables avec précaution. Pas de réussite sans apports azotés. Sols surtout horticoles.

Sols à Pseudogley d'ensemble argilo-sableux

Equilibre azote-pH moyen à bon sous forêt (Dolbel, Fantic), médiocre à moyen sous prairie (Alkongui); en riziculture équilibres respectivement bons à très bons et moyens à bons. Taux de phosphore élevés. Bonnes réserves en bases. Possibilités de limitation de l'absorption de K par Mg. Perméabilités faibles. Réserves en eau de 400 mm/m, dont 180 mm d'utilisables. Sols fertiles, irrigables avec difficultés. Risques d'alcalinisation au cas de remontée de la nappe phréatique. Toutes cultures possibles. Sans aménagement sorgho de décrue recommandé. Gros défrichement dans les sections les plus favorables (Dolbel).

Sols à Pseudogley d'ensemble argileux

Equilibre azote-pH moyenne à Bon sous forêt (Kassa), moyenne sous prairie (Série Vertique); en riziculture sont respectivement bons à très bons et bons. Taux de phosphore excellents, sauf dans certaines dépressions où ils sont tout justes suffisants, cette semi-carence coïncidant d'ailleurs souvent avec l'alcalinisation des horizons profonds. Bonnes réserves en bases. Perméabilité faibles, très faibles dans la Série Vertique. Possibilités d'améliorer la structure par travail superficiel, à condition de ne pas prendre les sols trop humides. Sols fertiles, également possibilités d'alcalinisation par remontée de la nappe. Irrigation risquée, mais à tenter étant donné les aptitudes de ces sols (coton, blé dur). Gros travaux de défrichement; stabilisation du lit mineur indispensable à Kassa. Sans aménagements, sorgho de décrue.

PROPRIETES ANALYTIQUES DE SOLS A GLEY DE SURFACE

SABLEUX (GB 43)

POLYPHASES A PHASES SABLEUSES (GA 95-GB 4)

Type d'horizon (cf. texte)	SABLEUX			POLYPHASES	
	AG 1	AG2	g-G	AG 1	g
Profondeur, cm.	5	15	65	5	35
Matière Organique %	0,84	0,25	0,05	1-1,5	0,36
C/N	11,1	8,3		7,6	6,6
Azote ‰	0,44	0,18		0,7-1	0,3
Phosphore ‰				0,14	
Argile %	7,2	4,7	6,5	26	28
Limon %	3,5	2,5	2,2	6-10	11,5
Sables fins %	58	57	56	43-63	37
Sables grossiers %	32	36	36	3-19	19
Bases échangeables, méq/100 g.					
Ca	0,9	0,6	0,8	3,4-3,9	6,8
Mg	0,6	0,2	0,4	2-2,9	3,8
K	0,09	0,06	0,08	0,5-0,7	0,4
Na	0,04	0,02	0,03	0,08-0,25	0,3
Somme (S)	1,6	0,9	1,3	6-7,8	11,3
Capacité d'échange (T)	3,1	1,4	1,75	8,2-9,9	11,5
T/A, méq/100 g.			27		41
Saturation, S/T %	51	70	75	72-79	98
pH	5	5,3	5,7	4,5-4,2	5,1
Propriétés physiques					
Porosité % volume	31,5			28-30,5	
Porosité air à pF 3 % volume	22,7			2-5	
Humidité équivalente % poids	4,8			13-13,6	
Eau utilisable % poids	2,1			5-6	
Instabilité structurale (IS)	1,2			7,3	
Perméabilité, cm/h	1,9			0,6-0,9	
Taux d'agrégats stables					
- après prétraitement à l'acool	41			11-26	
- après prétraitement au benzène	39,4			7-22	
- sans prétraitement	38,6			8-23	

PROPRIETES DES SOLS A GLEY DE SURFACE DE LA MARE DE YUMBAM

SOLS A GLEY ARGILEUX: GA 68-69-79-83-85

SOLS A GLEY ARGILO-SABLEUX (Colmatages de levées): GB 9

SOLS A GLEY A NODULES CALCAIRES : GA 72.

Types d'horizons	A R G I L E U X			ARG. SAB		A AMAS	
	AG I	AG 2	g1:oug-G	AG 1	g2	Ag	BCa
Profondeurs, cm.	5	30-35	45-50	5	75	5	65
Matière organique % (1)	1,4-1,7 2,2-3,2	0,5-0,65	0,8	2,2	0,3	0,85	0,29
C/N	5,7-6,5 7,7-8,4	3,5-5,6	5,3-5,6	8		6,8	4,7
Azote ‰	1,4-1,5 2,0-2,2	0,6-0,8	0,8-0,9	1,6		0,7	0,36
Argile % (A)	50-65	41 - 61		38	24	30	47
Limon %	34-20	10 - 32		14	9	26	22
Sables fins %	5-19	1 - 26		40	27	31	21
Sables grossiers %	0,7-4	0,2-6,5		5	36	6,7	4,1
Bases échangeables méq/100 g.							
Ca	3,7-5	5-6,8		4,6	5,3	3,1	10,4
Mg	2,2-3,7	2,6-5,5		3,4	2,6	2,3	5,7
K	0,9-1,2	0,6-1,0		0,95	0,44	0,46	0,22
Na	0,1-0,14	0,09-0,17		0,15	0,14	0,11	0,5
Somme (S)	7-9,9	8,9-13,5		9,1	8,4	6	16,9
Capacité d'échange (T)	11,6-14,1	8,4-17,6		11,6	8,4	8,2	14,8
Saturation S/T % (2)	65-73 57-58	62-90	100-100	78	100	73	100
pH	4,3-4,5	4,7-4,8	5,3-6,2	4,3	6,2	4,5	6,8
T/A méq/100 g.		18-29			35		31,5
Propriétés Physiques							
- Porosité % volume (mottes)	33-47			29		34,5	
- Porosité air à pH 3 "	0			0		1,8	
- Retrait % volume	2,5-12,6			3		1,2	
- Porosité totale % volume	32-51			31,5		35,5	
- Porosité air à pH3 corrigée	0-7,5			0		2,5	
- Humidité équiv. % poids	31-33			17,8	11,4	18,3	
- Instabilité struct. (IS)	7-12,5			7	4,2	9,4	
- Perméabilité, cm/h	0,05-0,2			0,5	0,5	0,4	
Taux d'agrégats stables :							
après prétraitement alcool	18,7-20			11	40	14	
" " benzène	2-7,6			7	4	10,6	
sans prétraitement	4-9			8,5	38	11,4	

Notes : (1) : chiffre supérieur = section de Rabia

(2) : chiffre inférieur = toposéquence de Gaoui Tonndi (0° 17' 0" E)

17

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A PSEUDOGLEY DE SURFACE. SERIES RUBEFIES
SOLS FERRUGINEUX PEU LESSIVES A PSEUDOGLEY : GA 3 et GA 15
SOLS RUBEFIES A PSEUDOGLEY DIVERS : GA 12, 47, 58.

Types d'horizon, profondeur en cm.	Ferrugineux Peu Lessivés				Rubéfiés	
	A1g: 3 A1 : 5	A2 : 18 A2g: 15	B : 83 Bg: 45	Cg: 225 BC: 138	Ag : 5	B : 35
Matière Organique %	0,48 0,57	0,33 0,45	0,19 0,33	0,12 0,16	0,5-0,6	0,35-0,4
Azote ‰	0,3 0,39	0,18 0,32	0,15 0,26	0,11 0,12	0,35-0,43	0,3
C/N	9,3 8,5	10,6 8,1	7,3 7,3	6,4 7,5	7,7-9,2	7,8
Argile % (A)	4,2 10,5	3 19,5	9,2 24,2	4,7 17	6-15	18-27
Limon %	2,7 6,2	2,5 7,2	1,5 7	1,2 7	6-9	6-6,5
Sables fins %	71,4 52	70,7 44	70,3 41	76,3	52-70	54-68
Sables grossiers %	20,3 30,5	21,4 26,6	19,6 25,7	17,2	6-22	6-11
Phosphore ‰	0,18 0,32	0,20 0,26			0,48	0,36
Bases échangeables, méq/100g.						
- Ca	1,0 1,5	0,9 2,54	1,57 2,6	0,9 2,3	2-2,6	5-5,6
- Mg	0,54 1,5	0,58 2,25	0,73 2,41	1,37 1,93	1-1,6	2,4-3,5
- K	0,20 0,37	0,16 0,41	0,11 0,27	0,06 0,03	0,3-0,54	0,39-0,40
- Na	0,02 0,04	0,03 0,03	0,03 0,05	0,02 0,15	0,04-0,1	0,05-0,08
- Somme (S)	1,76 3,4	1,69 5,2	2,44 5,3	2,35 4,4	3,8-4,6	7,8-9,8
- Capacité d'éch. (T)	2,5 3,9	2,2 6,4	3,1 7,7	1,95 5,4	4,2-6,5	8,7-11
- Saturation % (S/T)	70 87	76 81	79 69	100 82	71-89	89-90
pH	5,5 5,4	5,5 5,5	5,5 5,2	6,4 6,7	5,2-6	5,5-6,5
T/A, méq/100 g.		33	27 32	31,5		41-48
Propriétés physiques						
- Porosité % volume	38				36-36,4	31-37
- Porosité air à pF3	32,5				21,4-25,7	15-22,5
- Humidité équiv. % poids	3,3 5,9	2,5 6,8			5,8-5,4	6,8-11,6
- Eau utilisable %	1,5 2,5	1,3 3			2,4-3,3	3,5
- Instabilité struct. (IS)	1,0 1,6	1,3 2,9			3,6-5,6	7,5-8,6
(IS)	1,1 1,3	1,0 1,3			0,8-0,6	1,3-1,5
-- Taux d'agrégats stables:						
- après prétraitement alcool	33,9 44,8	36,7 41,9			19,8-9,1	11,6-18,9
" " benzène	33,2 41,7	35 36			18,4-8,7	9,3-16,3
sans prétraitement	34,6 43,4	39,5 37,7			18,4-9,9	10,7-17

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A PSEUDOGLEY D'ENSEMBLE SABLEUX ET
POLYPHASES A PHASES SABLEUSES (GA 1 - 28-29-75, GB 37)

Types d'horizon	Sableux			Polyphasés		
	Ag	g1	g2	Ag	g1	g2
Profondeur, cm.	5	22-45	150	5	30	125
Matière organique %	0,55-0,8	0,17-0,3	0,21	0,6-0,74	0,34	0,21-0,33
Azote ‰	0,36-0,43	0,17-0,21	0,19	0,47	0,25	0,26-0,30
C/N	8,6-10,9	5,9-7,8	6,3	9,1	8	5-7,3
Phosphore ‰	0,23-0,25	0,14		0,36-0,38	0,35	
Argile % (A)	7-11,5	6,5-12	14,5	12,7-13,7	14,7	27-40
Limon %	2,5-6,2	2,7-3,2	2	7,5-10,5	7	7,5-12,5
Sables fins %	47-80	47-75	47-80	47-70		20-57
Sables grossiers %	4,5-37	5-35		32-6		15-3
Bases échangeables						
- Ca, méq/100.						
Gorouol (G)	2,2-35	1,4-2,2	3	2,1-2,6	2	4,1-5,5
Beli (B)	1,2	1,8				
- Mg (G)	1,3-1,5	0,9-2	1,2	1,4-1,5	1,5	3,2-5
(B)	0,46	1,66				
- K (G)	0,22-0,26	0,13	0,24	0,3-0,4	0,3	0,4-0,6
(B)	0,12	0,22				
- Na (G)	0,05-0,12	0,04-0,10	0,05	0,03-0,04	0,04	0,03-0,4
(B)	0,05	0,04				
- Somme(S) (G)	3,6-4,3	2,4-4,5	4,5	4-4,5	3,8	8,1-11,1
(B)	1,8	3,7				
- Capacité d'échange (T)						
(G)	4,2-4,6	2,7-4,8	5,1	5,1-6,5	5,2	10,1-13,2
(B)	3,3					
- Saturation S/T: (G)	85-92	90-94	87	70-78	73	81-84
(B)	55					
pH (G)	5,3	5,7-5,9	5,6	5,2-5,3	5,1	5,5-5,7
(B)	4,9	5,8				
T/A, méq/100 g. (G)		40	35		35	33-37,5
(B)		27-31				
Porosité physiques						
- Porosité % volume	35-45			31	40	
- Porosité air à pF 3	26-37			13	27	
- Humidité équivalente	5,4-5,6			10	8	
- Eau utilisable %	2,6-3			5,1	3,3	
- Instabilité struct.	1,2-2,9			5,2	10,3	
- Perméabilité, cm/h	0,5-1,5			0,6	1,1	
- Taux d'agrégats						
Prétraitement alcool	13-49			11	11	
" benzène	11-49			11	9,2	
Sans prétraitement	12-46,7			11	9,3	

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A PSEUDOGLEY D'ENSEMBLE SABLO-ARGILEUX
ET ARGILO-SABLEUX.

Sablo-argileux : G C 5
Argilo-sableux : G A 41-43-44, GB 38-64

Types d'horizon	Argilo- - sableux			Sablo-argileux	
	Ag	g1	g2 (1)	Ag	g2
Profondeurs, cm	5	45-55	190	15	85
Matière Organique ‰					
- Sous forêt	1,5-2,8	0,7	0,05		
- Sous prairie	1,6-0,9	0,12		0,53	0,25
Azote ‰					
- Sous forêt	1,1-1,8	0,6	0,08		
- Sous prairie	0,8-1,2	0,16		0,33	0,25
C/N					
- Sous forêt	7,9-9	7,2	3,7		
- Sous prairie	6,7-7,8	4,4		9,4	6
Phosphore ‰	0,65-1				
Argile ‰ (A)	30-38,5	22-44	5	20	18
Limon ‰	9-26	4-25	1	7	5
Sables fins ‰	27-50	19-29	80	69	66
Sables grossiers ‰	1-19	2-41	12	8,7	9,6
Bases échangeables, méq/100 g.					
- Ca	5,8-8,4	5,5-9,7	1,7	2,3	3,1
- Mg	3,6-5,3	3,8-5,2	1,2	1,6	2,3
- K	0,50-0,86	0,08-0,36	0,07	0,24	0,21
- Na	0,05-0,29	1,9-2,8	0,03	0,10	0,04
- Somme (S)	7,7-14,3	11,2-17,9	3	4,2	5,6
Capacité d'échange (T)	12,5-20,6	10,6-18,6	3,2	4,4	4,7
Saturation, S/T ‰	63-77	96-100	95	97	100
pH	4,3-4,8	5,4-7,9	5,6	5	5,8
Conductivité (1/10) mmhos (pH 7,9)		0,18			
T/A méq/100 g.		42-48			26
Porosités physiques					
- Porosité totale ‰ volume	44-45				
- Porosité air à pF 3 ‰ "	5,5-10,5				
- Humidité équiv. ‰ poids	17,8-27,4			9,9	8,5
- Eau utilisable ‰	8-13,5			4,5	3,8
- Instabilité struct. (IS)	2,9-4,7			3,2	
- Perméabilité, cm/h	0,7-1,0			1,4	
- Agrégats stables ‰					
après prétrait. à l'alcool	30-43			15	
" " au benzène	10-23			8,5	
sans prétraitement	14-22			11	

(1) : Sables emboîtants.

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS A PSEUDOGLEY D'ENSEMBLE ARGILEUX

174 -

SERIE VERTIQUE DU GOROUOL: GB 28-36-39-51

SOLS ARGILEUX DIVERS (Fantio, Bongouro, Kassa) : GA 2-26-46-60

Type d'horizons :	SERIE VERTIQUE			SOLS ARGILEUX DIVERS			
	Ag	g-G	g-G	Ag	g1, g-G	g-G	g2
Profondeur, cm	5	15-35	85	5	22-40	65	150
Matière Organique %							
- drainage moyen	1,9-2,2	0,6-0,8	0,4-0,43	1,7-3	0,8	0,37	
- " minimum (mare)	2,9			4,7	0,7		0,47
- " maximum (levée)				0,55	0,48		
C/N							
- drainage moyen	7,1-8,5	5,1-6,5	4,7-5,5	7,8-8,9	5,3	4,9	
- " minimum	8,6			10,6	9,3		8,2
- " maximum				6,8	7,8		
Azote %							
- drainage moyen	1,4-1,6	0,6-0,72	0,4-0,53	1,3-1,9	0,9	0,45	
- " minimum	1,94			2,6	0,46		0,33
- " maximum				0,47	0,36		
Phosphore %	0,51			0,5-0,94	0,3-0,7		
Argile %	42-63	57-59	54-58	41-50	41-48	41	
" (levée)				40-7	29,5		29,7
Limons %	20-29,7	20-30	19-39,7	2-28	14-37	23	12,5
Sables fins %	4-30	9-14	4-18	14-32	9-41	27	37
Sables grossiers %	0,4-6,7	0,5-2,5	0,3-3,6	1,7-5,7	1-9	1,4	14
Bases échangeables, méq/100 g.							
- Ca	6,7-7,5	9,2-10	8,4-11,7	8,2-9,1	7,5-8,8	8,7	
" (levée)				5,2	6,2		5,7
- Mg	4,8-7,6	6,0-8,5	7,8-11,1	5,3-6,1	4,2-5,8	6,3	
" (levée)				3,8	4,4		4,4
- K	0,8-1,3	0,7-0,97	0,5-0,8	0,9-1,2	0,4-0,96	0,47	
" (levée)				0,36	0,13		0,4
- Na	0,13-1,8	0,2-0,65	1,4-2,8	0,11-0,23	0,1-0,18	0,11	
" (levée)				0,23	1,65		0,6
- Na/T	0,6-5	1,3	6,6-12,2	0,5-0,8	0,7-1,4	0,7	
" (levée)				1,4	9,4		5

.../...

Types d'horizon :	SERIE VERTIQUE			SOLS ARGILEUX DIVERS			
	Ag	g-G	g-G	Ag	g1, g-G, Ag2	g-G	g2
Profondeur, cm.	5	15-35	85	5	22-40	65	15
- Somme (S)	12,8-17,7	17-19,3	21,3-23,2	14-16,3	13,5-15,7	15,6	
" (levée)				9,6	11,1		11,1
- Capacité d'échange (T)	17,3-20,8	18,6-21,1	17,3-20,8	22,2-23,3	17,7-19	16	
" (levée)				16,4	12,4		12
- Saturation, S/T %	65-87	80-100	100-100	60-73	77-89	98	92
pH	4,2-4,5	4,9-5,5	6,4-6,8	4,4-4,6	4,5-5,3	4,7	6,2
Conductivité, mmhos	0,04-0,06	0,03-0,22	0,05-0,21	0,03-0,05	0,02	0,02	
T/A, méq/100 g.			32-36			37-42	
Propriétés physiques							
- Porosité nettes % volume	34-44	34		40-49		33,5	
- Porosité air à pF 3	0	0		0,9		0	
- retrait % volume	3-12	x		x - 9	x	x	
- Porosité totale %	46-52	x		x - 52	x	x	
- Porosité air corrigée	0,0	x		0-14	x	x	
- humidité équivalente % poids	27-34	28		30-32	22		
" " (levée)				20			
- Eau utilisable % poids	14-15	13		11,9-14,2	10		
" " (levée)				9			
- Instabilité structurale (IS)	3-8,7	6,3		1,8-3,3	5,7		
" " (levée)					8		
- Perméabilité cm/h	0,4-0,6	0,3		0,6-1,1	0,7		
Taux d'agrégats stables							
- après prétraitement à l'alcool	22-40	34		40-46	31		
" " (levée)				20			
- après prétraitement benzène	5-5,4	1,2		5-17	8		
" " (levée)				2,5			
- sans prétraitement	9-16	6,6		20-26	16		
" " (levée)				4,8			

VIA-3 LES SOLS A PSEUDOGLEY D'ENSEMBLE ET GLEY DE PROFONDEUR DE TEGUEY

A3-1 Cadre d'évolution

Cette unité de la carte au 100.000^e s'étend sur un élargissement ensablé du lit d'un petit cours d'eau qui drainait vers le Gououl à Alkongui. Dans cette zone climatique les marigots à petits bassins ne coulent que sur les sections à impluvium immédiatement voisin imperméable (glacis nu, ou cuirassé); ils ne reçoivent pas d'eau des zones ensablées; les alluvions correspondantes, étant généralement sableuses (cf. Gououl), peuvent même absorber l'écoulement superficiel. Ici les quelques 2 km² de sables reçoivent les eaux collectées de vastes glacis concrétionnés méridionaux. Le lit mineur s'y résoud en chenaux peu visibles très sinueux, à branches mortes parfois recreusées artificiellement en petites mares. Les dépôts de colmatage sont très peu abondants. Une prairie à Vetivers ceinturant des Cypéracées, quelques arbres (*A. Nilotica*) autour des mares et le long du lit mineur forment toute la végétation. Il n'y a pas de cultures en dehors de quelques champs de Calebasses en aval de la zone.

A3-2 Les sols

Type : GB 60 TEGUEY
 Lat : 14° 39' 50" N Site : zone à Cypéracées.
 Long : 0° 31' 40" E
 Cote : 251 m

Surface : grise, non fissurée

- 0 - 70 cm : Ag
 gris bariolé de jaune ocre et de brun; des taches manganésifères; finement sablo-argileux; polyédrique en assemblage compact; cohésion forte; porosité tubulaire.
- 70 - 155 cm : g
 gris plus foncé, à taches ocre brun à fort contraste; plus argileux; polyédrique plus large; très dur et compact.
- 155 cm :
 toit de la nappe phréatique; frange capillaire le surmontant de 40 (115 cm).
- 155 - 180 cm : G
 gris bleuté à taches ocre brun; même texture; plastique.

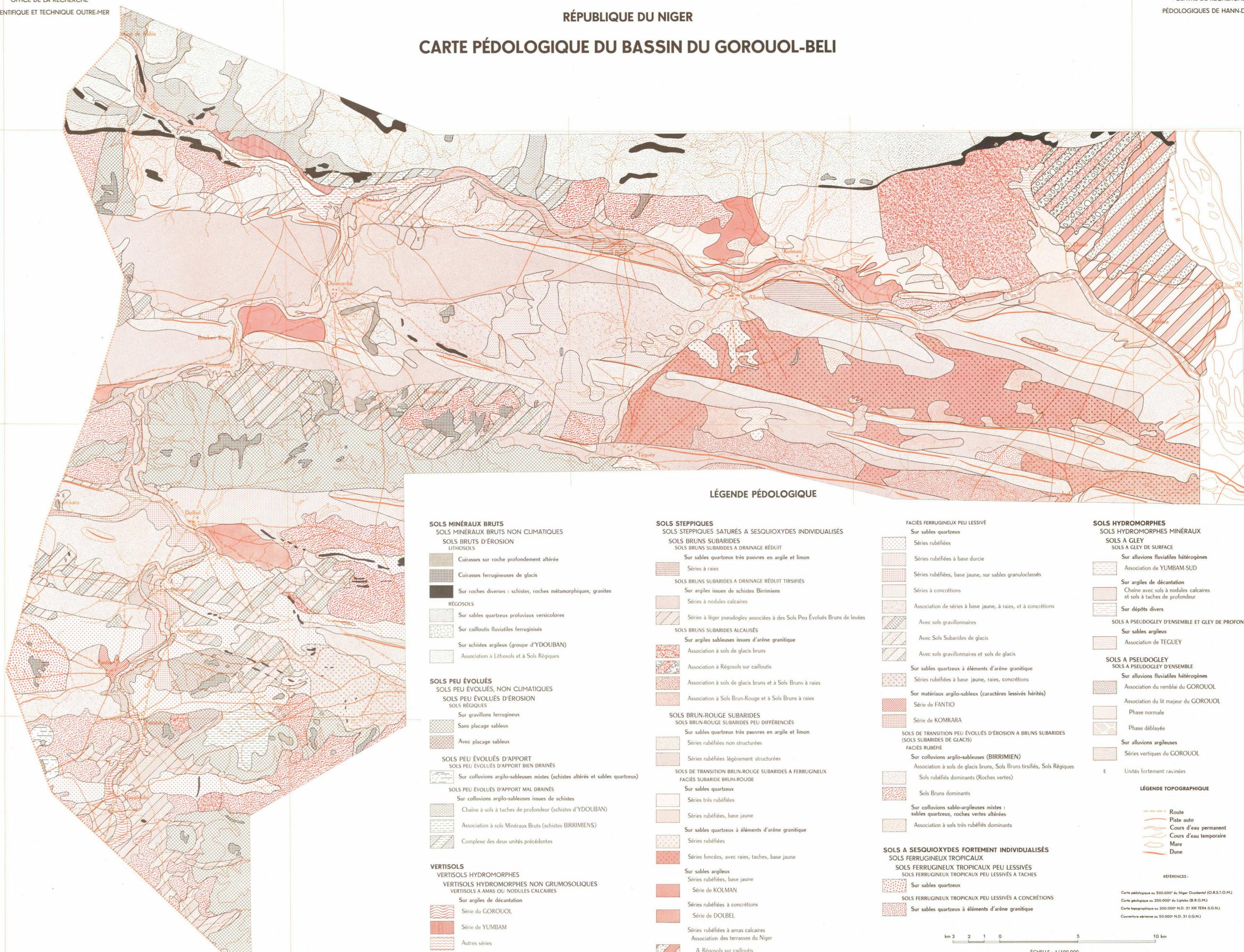
C'est le seul exemple connu de Gley, au sens ancien du terme, de la carte. L'horizon Ag est légèrement argileux (18 %), acide (pH 4,8) et désaturé (V = 48 %), peu organique (M.O. = 0,55 %, C/N = 7,4), à réserves en bases médiocres (S = 3 méq, K = 0,3 méq), dépourvu de sodium, instable et peu perméable (IS = 4, K = 0,6). L'équilibre azote-phosphore y est normal, l'équilibre azote-pH très bas. Avec apports azotés il pourrait convenir au maraîchage. On pourrait également y essayer des essences fruitières phréatophiles (dattier).

VIA-4 AUTRES SOLS HYDROMORPHES

Sur la feuille au 100.000^e nous avons dessiné la mare permanente de Oussa (Inabao) où les eaux ruisselées des glacis argileux sur granites s'accumulent au contact des sables éolisés de la partie méridionale des terrasses du Niger. C'est un point d'abreuvement très fréquenté et partiellement responsable de la destruction des sols du 'désert' d'Oussa (cf. III B41-2). Les sols y sont sableux et à Gley de surface, donc peu intéressants.

RÉPUBLIQUE DU NIGER

CARTE PÉDOLOGIQUE DU BASSIN DU GOROUOL-BELI



LÉGENDE PÉDOLOGIQUE

SOLS MINÉRAUX BRUTS
SOLS MINÉRAUX BRUTS NON CLIMATIQUES
SOLS BRUTS D'ÉROSION
LITHOSOLS

- Cuirasses sur roche profondément altérée
 - Cuirasses ferrugineuses de glaciés
 - Sur roches diverses : schistes, roches métamorphiques, granites
- RÉGOSOLS
- Sur sables quartzeux proluviaux versicolores
 - Sur cailloutis fluviaux ferruginisés
 - Sur schistes argileux (groupe d'YDOUBAN)
 - Association à Lithosols et à Sols Régiques

SOLS PEU ÉVOLUÉS
SOLS PEU ÉVOLUÉS, NON CLIMATIQUES
SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION
SOLS RÉGIQUES

- Sur gravillons ferrugineux
 - Sans placage sableux
 - Avec placage sableux
- SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT
- SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT BIEN DRAINÉS
- Sur colluvions argilo-sableuses mixtes (schistes altérés et sables quartzeux)
- SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT MAL DRAINÉS
- Sur colluvions argilo-sableuses issues de schistes
 - Chaîne à sols à taches de profondeur (schistes d'YDOUBAN)
 - Association à sols Minéraux Bruts (schistes BIRRIEMIENS)
 - Complexe des deux unités précédentes

- VERTISOLS**
VERTISOLS HYDROMORPHES
VERTISOLS HYDROMORPHES NON GRUMOSOLIQUES
VERTISOLS À AMAS OU NODULES CALCAIRES
- Sur argiles de décantation
 - Série du GOROUOL
 - Série de YUMBAM
 - Autres séries

SOLS STEPIQUES
SOLS STEPIQUES SATURÉS À SESQUIOXYDES INDIVIDUALISÉS
SOLS BRUNS SUBARIDES
SOLS BRUNS SUBARIDES À DRAINAGE RÉDUIT

- Sur sables quartzeux très pauvres en argile et limon
 - Séries à raies
- SOLS BRUNS SUBARIDES À DRAINAGE RÉDUIT TIRSIÉS
- Sur argiles issues de schistes Birrimiens
 - Séries à nodules calcaires
 - Séries à léger pseudogley associées à des Sols Peu Évolués Bruns de levées
- SOLS BRUNS SUBARIDES ALCAÏSÉS
- Sur argiles sableuses issues d'arène granitique
 - Association à sols de glaciés bruns
 - Association à Régosols sur cailloutis
 - Association à sols de glaciés bruns et à Sols Bruns à raies
 - Association à Sols Brun-Rouge et à Sols Bruns à raies

- SOLS BRUN-ROUGE SUBARIDES**
SOLS BRUN-ROUGE SUBARIDES PEU DIFFÉRENCIÉS
- Sur sables quartzeux très pauvres en argile et limon
 - Séries rubéfiées non structurées
 - Séries rubéfiées légèrement structurées
- SOLS DE TRANSITION BRUN-ROUGE SUBARIDES À FERRUGINEUX
FACIÉS SUBARIDE BRUN-ROUGE
- Sur sables quartzeux
 - Séries très rubéfiées
 - Séries rubéfiées, base jaune
 - Sur sables quartzeux à éléments d'arène granitique
 - Séries rubéfiées
 - Séries foncées, avec raies, taches, base jaune
 - Sur sables argileux
 - Séries rubéfiées, base jaune
 - Série de KOLMAN
 - Séries rubéfiées à concrétions
 - Série de DOLBEL
 - Séries rubéfiées à amas calcaires
 - Association des terrasses du Niger
 - A Régosols sur cailloutis
 - A Sols Brun-rouge

FACIÉS FERRUGINEUX PEU LESSIVÉ

- Sur sables quartzeux
 - Séries rubéfiées
 - Séries rubéfiées à base durcie
 - Séries rubéfiées, base jaune, sur sables granuloclassés
 - Séries à concrétions
 - Association de séries à base jaune, à raies, et à concrétions
 - Avec sols gravillonnaires
 - Avec Sols Subarides de glaciés
 - Avec sols gravillonnaires et sols de glaciés
 - Sur sables quartzeux à éléments d'arène granitique
 - Séries rubéfiées à base jaune, raies, concrétions
 - Sur matériaux argilo-sableux (caractères lessivés hérités)
 - Série de FANTIO
 - Série de KOMKARA
- SOLS DE TRANSITION PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION À BRUNS SUBARIDES
(SOLS SUBARIDES DE GLACIS)
FACIÉS RUBÉFIÉ
- Sur colluvions argilo-sableuses (BIRRIEMIEN)
 - Association à sols de glaciés bruns, Sols Bruns tirsifiés, Sols Régiques
 - Sols rubéfiés dominants (Roches vertes)
 - Sols Bruns dominants
 - Sur colluvions sablo-argileuses mixtes : sables quartzeux, roches vertes altérées
 - Association à sols très rubéfiés dominants

- SOLS À SESQUIOXYDES FORTEMENT INDIVIDUALISÉS**
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX PEU LESSIVÉS
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX PEU LESSIVÉS À TACHES
- Sur sables quartzeux
- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX PEU LESSIVÉS À CONCRÉTIONS
- Sur sables quartzeux à éléments d'arène granitique

SOLS HYDROMORPHES
SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX
SOLS À GLEY
SOLS À GLEY DE SURFACE

- Sur alluvions fluviales hétérogènes
 - Association de YUMBAM-SUD
 - Sur argiles de décantation
 - Chaîne avec sols à nodules calcaires et sols à taches de profondeur
 - Sur dépôts divers
- SOLS À PSEUDOGLEY D'ENSEMBLE ET GLEY DE PROFONDEUR
- Sur sables argileux
 - Association de TEGUEY
- SOLS À PSEUDOGLEY
- SOLS À PSEUDOGLEY D'ENSEMBLE
- Sur alluvions fluviales hétérogènes
 - Association du remblai du GOROUOL
 - Association du lit majeur du GOROUOL
 - Phase normale
 - Phase déblayée
 - Sur alluvions argileuses
 - Séries verticales du GOROUOL
 - E Unités fortement ravlinées

LÉGENDE TOPOGRAPHIQUE

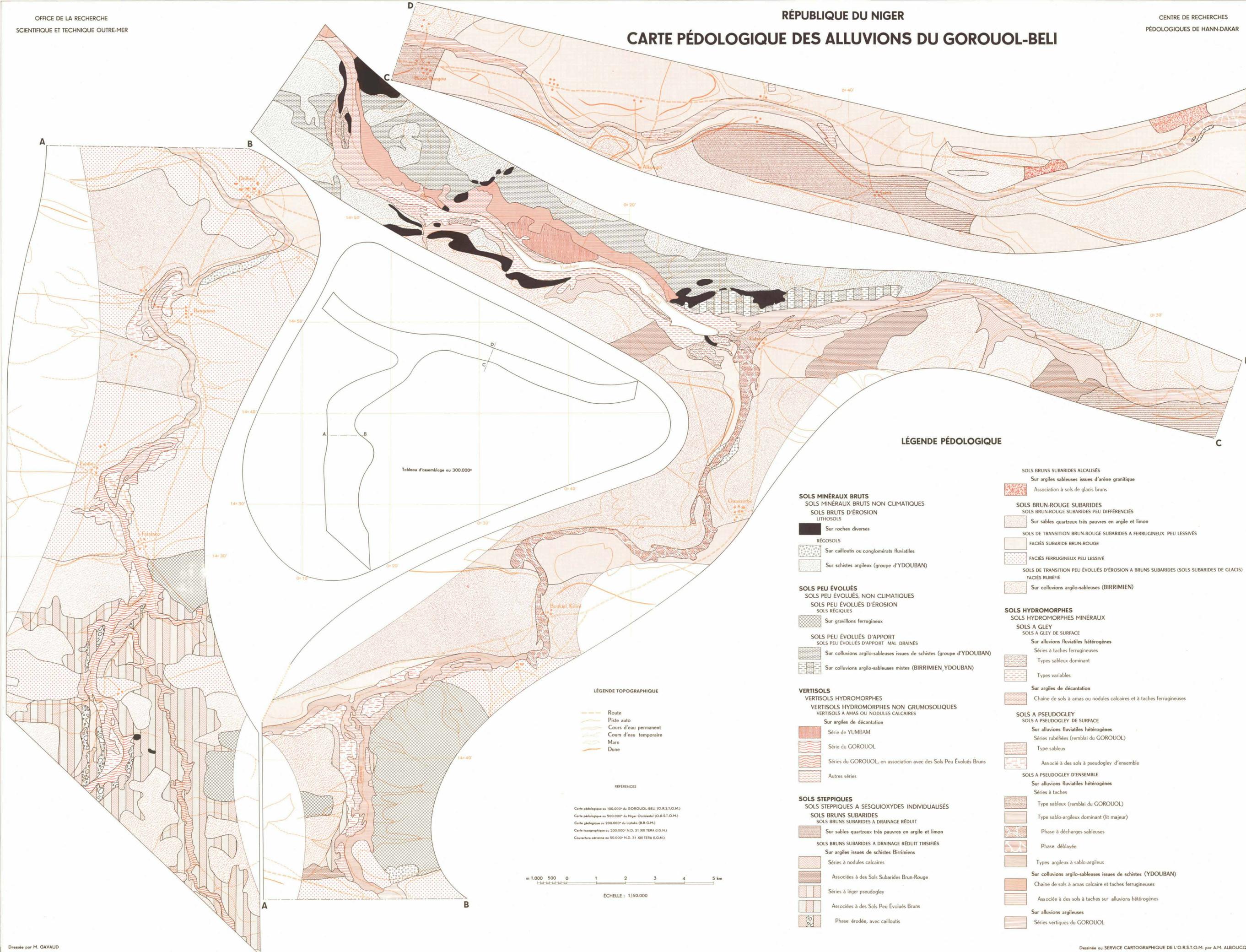
- Route
- Piste auto
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau temporaire
- Mare
- Dune

RÉFÉRENCES :

- Carte pédologique au 500.000^e du Niger Occidental (O.R.S.T.O.M.)
- Carte géologique au 200.000^e du Liptako (B.R.G.M.)
- Carte topographique au 200.000^e N.D. 31 XIII TERA (I.G.N.)
- Couverture aérienne au 50.000^e N.D. 31 (I.G.N.)



ÉCHELLE : 1/100.000



Dressée par M. GAVALD

Destinée au SERVICE CARTOGRAPHIQUE DE L'O.R.S.T.O.M. par A.M. ALBOUCQ