

RÉPUBLIQUE DU TCHAD
PRÉSIDENTE DU GOUVERNEMENT

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DES EAUX ET FORÊTS

Direction de l'Agriculture

J. PIAS
P. POISOT

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTES PEDOLOGIQUES
DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000**

FEUILLES D'ABOU DEIA - MANGALMÉ



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE FORT-LAMY



RÉPUBLIQUE DU TCHAD
PRÉSIDENCE DU GOUVERNEMENT
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DES EAUX ET FORÊTS
Direction de l'Agriculture

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTES PEDOLOGIQUES
DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000**

FEUILLES D'ABOU DEIA - MANGALMÉ

J. PIAS
Directeur de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

et

P. POISOT
Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy
Section de Pédologie
Avenue du Général TILHO

FORT-LAMY

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION _____	III
1 - GÉNÉRALITÉS _____	1
2 - CLIMATOLOGIE _____	5
3 - TOPOGRAPHIE _____	9
4 - HYDROGRAPHIE _____	13
5 - GÉOLOGIE _____	17
6 - VÉGÉTATION _____	23
7 - LES SOLS _____	27
7-1 - Sols minéraux bruts _____	28
7-1-1 - Roches et débris de roches _____	28
7-1-2 - Les cuirasses ferrugineuses _____	29
7-2 - Sols peu évolués _____	30
7-2-1 - Sols d'érosion lithiques _____	30
7-2-1-1 - Sols peu évolués sur granites _____	30
7-2-1-2 - Sols peu évolués sur cuirasse ferrugineuse _____	31
7-2-2 - Sols peu évolués d'apport _____	34
7-2-2-1 - Sols sur arène colluviale _____	34
7-2-2-2 - Sols sur alluvions fluviales récentes _____	37
7-3 - Vertisols _____	38
7-3-1 - Sols argileux à nodules calcaires et effondrements _____	38
7-3-2 - Sols argileux des dépressions de "regs" _____	39
7-3-3 - Argiles noires tropicales _____	42
7-4 - Sols à sesquioxydes _____	45
7-4-1 - Sols ferrugineux tropicaux peu développés sur matériau ferrallitique ancien _____	45
7-4-2 - Sols ferrugineux tropicaux peu à pas lessivés _____	49
7-4-3 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés _____	52

7-4-3-1 - Sols à taches et concrétions _____	52
7-4-3-2 - Sols à cuirasse ferrugineuse _____	55
7-5 - Sols hydromorphes _____	57
7-5-1 - Sols à pseudo-gley _____	57
7-5-1-1 - Sols sur matériau argileux lacustre _____	57
7-5-1-2 - Sols sur cuirasse ferrugineuse _____	60
7-5-1-3 - Sols sur alluvions fluviales récentes _____	61
7-5-1-4 - Sols sur matériau argilo-sableux des "regs" _____	65
7-6 - Sols halomorphes _____	69
7-6-1 - Sols sur alluvions fluviales récentes _____	71
7-6-2 - Sols sur matériau argilo-sableux des "regs" _____	74
8 - LES GRANDES RÉGIONS _____	77
8-1 - Les affleurements du socle _____	77
8-2 - Les affleurements de cuirasses ferrugineuses _____	86
8-3 - Le couloir alluvial du bahr Djourf _____	99
8-4 - Les bassins des affluents de la rive gauche du Batha _____	103
CONCLUSIONS _____	111

INTRODUCTION

L'étude pédologique des feuilles de Mangalmé et Abou-Déïa entre dans le cadre d'un programme de cartographie générale du Tchad au 1/200 000e qui vise à l'établissement de la carte pédologique du Tchad agricole.

Les prospections sur le terrain ont eu lieu en Novembre, Décembre 1962 et Janvier, Février 1963.

Les documents de base ont été les cartes I.G.N. au 1/200 000e Mangalmé, Abou-Déïa, et les photographies aériennes au 1/50 000e des missions NC 34 XX pour Abou-Déïa, ND 34 II pour Mangalmé.

L'analyse des échantillons a été faite au laboratoire du Centre O.R.S.T.O.M. de FORT-LAMY.

La carte a été dessinée et imprimée par le service cartographique de l'O.R.S.T.O.M.

1 - GÉNÉRALITÉS

1-1 - SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

Les feuilles étudiées sont situées entre les 11e et 13° de latitude Nord et 19° et 20° de longitude Est.

Ces deux feuilles couvrent : pour Mangalmé

- une partie de la préfecture du Batha, sous-préfectures d'Oum-Hadjer et Ati ;
- une partie de la préfecture du Guéra, sous-préfecture de Mongo ;
- une partie de la préfecture du Salamat, sous-préfecture d'Abou-Déïa;
- une partie de la préfecture du Ouaddaï, sous-préfecture Am-Dam.

pour Abou-Déïa

- une partie de la préfecture du Salamat, sous-préfectures d'Abou-Déïa et Harazé ;
- une partie de la préfecture du Guéra, sous-préfectures de Mongo et Melfi ;
- une partie de la préfecture du Batha, sous-préfecture d'Oum-Hadjer.

Le réseau routier est constitué par 4 grands axes principaux :

- l'axe Fort-Archambault, Abou-Déïa, Mangalmé, Oum-Hadjer
- l'axe Mongo, Abou-Déïa, Am-Timan
- l'axe Mangalmé - Mongo
- l'axe Mangalmé, Am-Dam, Abéché

Il existe également un axe secondaire qui relie Abou-Déïa à la réserve de chasse de Zakouma, principalement située sur la feuille Lac Iro mais dont la partie Nord déborde sur celle d'Abou-Déïa.

Les principaux centres sont :

- sur la feuille d'Abou-Déïa :

Abou-Déïa sous-préfecture

Foulounga, Abgé, Siref

La population se concentre autour des massifs c'est-à-dire dans la partie ouest de la feuille ainsi que le long des bahrs Djourf, Borh, Sakay. Elle est pratiquement inexistante ailleurs et de vastes espaces qui représentent le domaine de la cuirasse ferrugineuse sont dépeuplés.

- sur la feuille de Mangalmé

Mangalmé sous-préfecture

Gouroufa

La partie est de cette feuille, qui fait suite à celle d'Abou-Déïa, présente la même faible densité de population. Par contre, à l'inverse, les parties ouest et nord de la feuille sont relativement peuplées. La population se concentre le long de nombreux cours d'eau aux bourrelets fertiles ou autour de petits massifs montagneux ennoyés dans des terrains sédimentaires.

1-2 - CULTURES

La principale culture reste celle du mil repiqué en fin de saison des pluies "le berbéré". Il est cultivé en champs immenses dans toutes les grandes dépressions comme à Siref, Foulounga, Deresna... (feuille d'Abou-Déïa) et d'une façon moins extensive dans les petites dépressions de la feuille de Mangalmé localisées le long des bahrs, à proximité des villages.

Des cultures de mil de saison des pluies (mil rouge, mil blanc) s'effectuent sur les plateaux cuirassés dans les endroits où le sol est le plus profond, dans les parties sableuses au nord-ouest de Mangalmé (Am Sinété, Birket Fatimé... et le long du Batha), autour des massifs dans les arènes sableuses (Bourmatagil, Abou Déïa, Dougné, Dagour, Abgé, Mangalmé, Chingéat...).

L'arachide tient, sur ces mêmes sols, une place importante tandis que le coton se localise sur les limons des bourrelets du Bahr Djourf à la hauteur d'Am Habilé (feuille d'Abou-Déïa). On compte une centaine d'hectares ainsi cultivés et un tonnage annuel de 70 tonnes de coton-graine. Le coton trouve également sa place autour des cases plus au Nord, mais il s'agit là de quelques pieds isolés qui servent à confectionner une étoffe locale "le gabak".

De très grandes surfaces sont vierges sur ces deux feuilles et correspondent :

- à des zones cuirassées (Centre et Nord-Est de la feuille d'Abou-Déïa), Sud-Est de celle de Mangalmé
- à des sols à alcalis qui occupent plus d'un tiers de la feuille de Mangalmé.

Parmi les autres activités des autochtones signalons :

- l'élevage. Il existe en effet des troupeaux de bovins et d'ovins non négligeables. Il s'agit souvent de ceux d'arabes nomadisants qui colonisent les points d'eau (Bahr Djourf...) en saison sèche. Ils abandonnent ceux-ci en hivernage au moment de l'inondation pour remonter plus au Nord.
- la pêche qui se pratique principalement le long du Bahr Sakay à l'Est d'Abou-Déïa. Une partie du cours de ce fleuve est en eau toute l'année et ceci a favorisé l'installation d'une petite industrie de conserve de poissons (séchage, fumage) aux alentours de Siref.

2 - CLIMATOLOGIE

Les deux feuilles étudiées sont situées en zone climatique sahélo-soudanienne ainsi définie par Aubréville :

Précipitations annuelles 500 à 900 mm

Saison des pluies 4 à 5 mois

Température moyenne annuelle comprise entre 26° et 31°5.

Nous donnons ci-après différents relevés fournis par le service météorologique de la République du Tchad. Aux deux postes d'Abou-Déia et de Mangalmé, nous adjoindrons ceux d'Am Dam situé au Nord-Est, d'Oum-Hadjer au Nord, et celui d'Am-Timan placé au Sud-Est d'Abou Déia qui nous fournira en plus des indications pluviométriques, des renseignements sur la température, le degré hygrométrique, l'évaporation.

2-1 - PLUVIOMÉTRIE

Mois	ABOU-DEIA 1952 à 1961		MANGALME 1956 à 1961		AM-TIMAN 1950 - 1961		AM - DAM 1952 - 1961		OUM-HADJER 1953 - 1961	
	Janvier	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Février	0,4	0,1	0,3	0,2	3,4	0,1	-	-	-	-
Mars	4,9	0,4	0,2	0,2	6,6	0,4	2	0,1	0,1	0,1
Avril	13,2	2,8	1,5	0,7	18,3	2,5	3,4	0,1	0,3	0,1
Mai	45,4	5,2	6,9	0,7	74,3	6,8	24,3	2,7	4,4	1,1
Juin	85,9	7,9	59,1	4,8	118,8	11,3	54	5,7	35,1	3,3
Juillet	231,7	14,8	109,8	11	190,2	15,5	198,8	11,5	138,6	9,3
Août	325,7	18	262,7	17,2	302,5	18,5	273,3	14,3	219,2	11,3
Septembre	136,1	12,5	70,6	4,7	143,7	11,8	124,9	7,9	78,6	5,7
Octobre	43,4	4,5	18,4	2	34,9	3,8	20,5	1,6	10,8	0,7
Novembre	1,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Décembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne pluviométrique annuelle en mm	888,1		(1) 529,5		892,7		701,2		487,1	
Nombre de jours de pluie		66,9		41,5		70,7		43,9		31,6

(1) Ces chiffres sont relativement faibles et inférieurs à ceux donnés dans l'annuaire hydrologique du Tchad (Année 1960) publié pour la section hydrologique du Centre ORSTOM de FORT-LAMY.

La moyenne pluviométrique annuelle est, dans cet ouvrage, de 623,4 mm chiffre beaucoup plus vraisemblable.

2-2 - TEMPÉRATURE

AM-TIMAN 1951 à 1958 (8 ans)

Mois	Moyenne
Janvier	24° 3
Février	26° 3
Mars	29° 5
Avril	29° 9
Mai	29° 8
Juin	27° 5
Juillet	25° 6
Août	25° 1
Septembre	25° 8
Octobre	26° 4
Novembre	25° 7
Décembre	24° 2
Moyenne annuelle	26° 7

Minimum absolu 6° 2 (Décembre)

Maximum absolu 45° 2 (Avril)

2-3 - HUMIDITÉ RELATIVE (1)

AM-TIMAN 1951 - 1958 (8 ans)

Maxima	Août	95 %	72 %	87 %
	Septembre	94 %	66 %	86 %
Minima	Février	46 %	16 %	27 %
	Mars	48 %	20 %	32 %

2-4 - ÉVAPORATION (1962)

Hauteur d'eau évaporée en mm à l'appareil Piche

AM-TIMAN 2.188,5 mm

(1) Relevée à 6 H, 12 H, 18 H.

2-5 - INDICES CLIMATIQUES

a) Indice d'aridité (de Martonne)

$$\frac{P}{T + 10} \quad (1) \text{ AM-TIMAN 24, 5}$$

b) Indice de drainage (Hénin-Aubert)

$$D = \frac{\gamma' P_3}{1 + \gamma' P_2} \quad (2)$$

$$\gamma' = \alpha \gamma$$

$$\gamma = \frac{1}{0,15 T - 0,13}$$

$$\alpha = \begin{array}{l} 1 \text{ limon} \\ 1/2 \text{ argile} \\ 2 \text{ sable} \end{array}$$

AM-TIMAN 266 mm (sable)
86 mm (argile)

3 - TOPOGRAPHIE

Cette région est relativement hétérogène et présente plusieurs ensembles topographiques.

3-1 - LES MASSIFS MONTAGNEUX

Ils figurent vers l'Est les derniers contreforts du Massif Central Tchadien - Massif d'Abou Déia (point culminant 967 m), extrémité est du massif de l'Abou Telfan (794 m), massifs secondaires de Djebren, Dougné, Ter, Abrabda - ou bien se présentent comme les prolongements avancés du Massif du Ouaddaï - Massif de Mangalmé (859 m) et une succession d'affleurements au Nord et à l'Ouest de cette dernière ville (Ab Djidat, Maïgomo... Kirékir...).

Des affleurements nombreux existent entre le massif de Mangalmé et celui de l'Abou Telfan, ils servent de ligne de partage des eaux en même temps qu'ils délimitent deux autres types de paysages :

- La région des cuirasses ferrugineuses au Sud
- La région des "regs" au Nord.

3-2 - LES CUIRASSES FERRUGINEUSES

Elles occupent environ les 2/3 de la feuille d'Abou-Déia et la partie sud-est de celle de Mangalmé. La pente générale est orientée Nord-Sud et Nord-Ouest Sud-Est (feuille d'Abou-Déia). On passe ainsi de la cote 480 m - 500 m aux voisinages des massifs de Mangalmé et d'Abou-Déia à 420 m au Bahr Djourf. Cette pente est faite d'une succession de paliers qui sont autant de niveaux cuirassés.

Ces cuirasses ont été fortement entaillées par l'érosion et les points bas entre ces derniers sont occupés par des sédiments argileux à nodules calcaires.

3-3 - LA ZONE ALLUVIALE DU BAHR DJOURF

Elle se limite à la partie sud-est de la feuille d'Abou-Déia et fait partie d'un ensemble plus vaste que nous retrouvons sur les feuilles de

Djouna, Lac Iro, Am-Timan. Il s'agit d'une vaste dépression ou serpente le Bahr Djourf et ses multiples ramifications. Celle-ci, relativement plane (altitude moyenne de 420 m) annonce les plaines argileuses des feuilles citées déjà plus haut.

3-4 - LES " REGS "

Ils occupent le 1/3 de la feuille de Mangalmé et constituent de vastes étendues à l'altitude 420 m - 400 m découpées par un réseau hydrographique dense rejoignant le Batha (cote 370 m). Celui-ci est bordé sur sa rive droite par des ensembles sableux mamelonnés (altitude 390 m).

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET ROUTIER

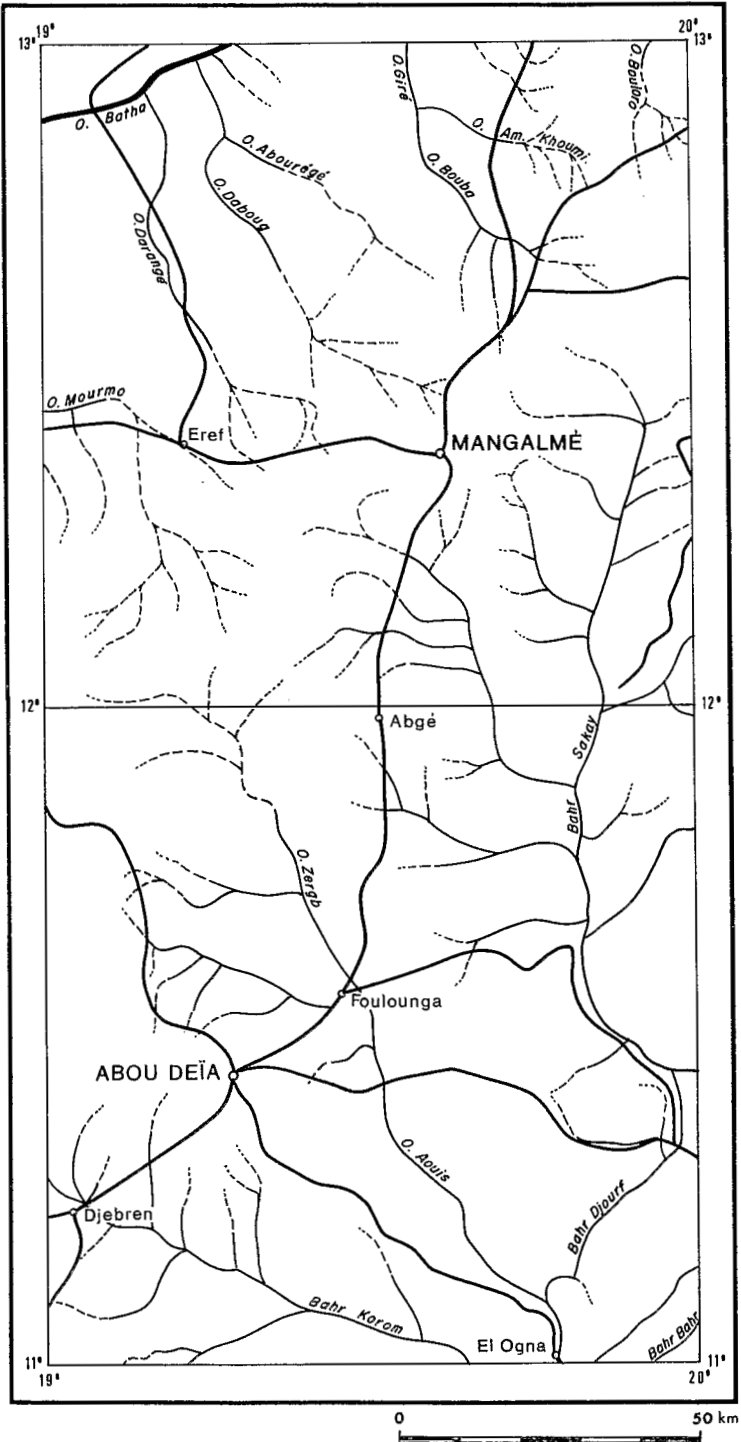


Figure 1

4 - HYDROGRAPHIE

La partie sud du massif de l'Abou Telfan, les affleurements de microgranites, rhyolites... orientés Sud-Est Nord-Ouest, le massif de Mangalmé et, plus au Nord-Est, les affleurements du socle de Saraf Doungous et de Kouka Marnié constituent la ligne de crêtes qui délimite deux bassins versants : celui des affluents du Batha au Nord et celui des affluents du Bahr Salamat au Sud.

Tous les bahrs que nous citerons en suivant, ont un écoulement limité à la saison des pluies (Juillet à Octobre) ou bien aux tornades ou à la brève période qui leur succède.

4-1 - LE BATHA ET SES AFFLUENTS DE LA RIVE GAUCHE

Le Batha traverse le coin nord-ouest de la feuille de Mangalmé et reçoit, sur sa rive gauche, les eaux d'un réseau hydrographique très ramifié car le ruissellement est particulièrement intense sur les sols peu perméables des "regs".

Le Batha est le plus important des fleuves descendant du massif du Ouaddaï. Il coule dans cette partie de son cours entre des berges encaissées, hautes de 5 à 10 m. Son lit sableux en saison sèche est marqué par une succession de mares.

La variabilité des crues est grande, fonction de la pluviométrie de l'année considérée, (figure 2).

Le fleuve va se jeter dans le Lac Fitri dont il est le principal tributaire.

L'ouadi Mourmo draine les eaux du versant est de l'Abou Telfan et rejoint le Batha après un long parcours sur la feuille de Mongo.

Les ouadis Darangé, Abourégé, Daboug et les ridjils Bouba et Am Koumi recueillent les eaux des glacis au Nord et Nord-Ouest de Mangalmé.

Ils coulent dans les dépressions irrégulièrement marquées par des lits très ramifiés, profonds de 2 à 5 m, souvent creusés dans les argiles ou des alluvions récentes. L'érosion en nappe des glacis donne naissance à des zones très dénudées dont l'apparente stérilité contraste avec la dépression elle-même, souvent densément boisée.

DÉBIT DU BATHA EN 1959 A OUM-HADJER
ET ATI ET EN 1960 A OUM-HADJER

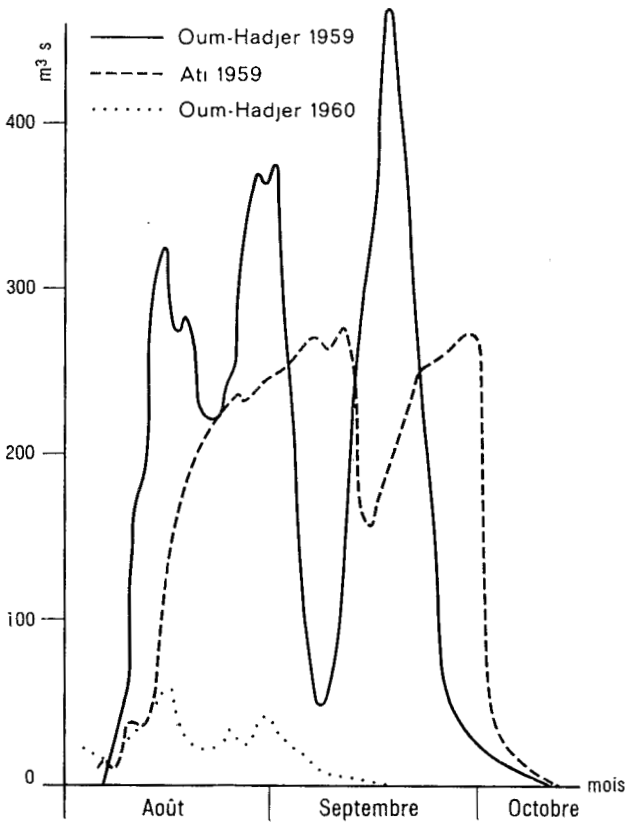


Figure 2

4-2 - LE BAHR SALAMAT ET SES AFFLUENTS DE LA RIVE DROITE

Ce Bahr n'a pas de source propre mais des origines multiples :

- nombreux bahrs provenant des pertes et effluences de la rive droite du Bahr Azoum sur la feuille d'Am-Timan ;
- eaux d'épandage de la partie terminale du Bahr Azoum que le bahr Salamat collecte sur sa rive gauche ;
- Bahr Djourf recevant les eaux des massifs de Mangalmé, d'Abraabda, d'Abou-Déia...

C'est sous le nom de Bahr Djourf que nous le connaissons sur la feuille d'Abou-Déia dont il coupe le coin sud-est.

Le bahr Djourf qui coule d'abord Est-Ouest, vient butter contre les cuirasses ferrugineuses et prend la direction Nord-Sud. Ce fleuve, ainsi que le Bahr Borh qui possède un cours sensiblement parallèle, ont des lits importants aux berges abruptes creusées dans la plaine argileuse où ils débordent largement en saison des pluies.

Le bahr Djourf reçoit, sur sa rive droite, les bahrs Sakay et Aouis qui collectent les eaux de toute la région située au Sud de la ligne de crêtes Abou-Telfan, Mangalmé, Kouka Marnié.

Le bahr Zergb qui prend ensuite le nom d'Aouis draine les eaux du versant sud de l'Abou-Telfan et celles du versant est du massif d'Abou Déia. Il va se jeter dans le bahr Djourf à El Oгна.

Le bahr Sakay draine les eaux des massifs de la feuille de Mangalmé et du plateau cuirassé. Il rejoint le bahr Djourf près d'Am Habilé.

Un seuil permet une retenue d'eau importante et de vastes mares, larges de plus de 100 mètres, très poissonneuses, subsistent toute l'année dans la partie terminale de son cours. Cette région est le refuge de la faune sauvage en saison sèche (antilopes, éléphants...).

Le bahr Korom qui descend du Guéra après avoir rassemblé les eaux de ce massif, reçoit également celles des parties sud et ouest du massif d'Abou-Déia. Il coule dans le Sud de la feuille du même nom par une vallée ouverte dans les formations de cuirasse ferrugineuse. Le lit lui-même est large, souvent profond d'une dizaine de mètres, creusé dans les argiles ou des alluvions récentes. Il va se jeter dans le bahr Djourf peu après avoir pénétré dans la réserve de Zakouma.

Tous ces fleuves coulent souvent dans des vallées argileuses. Mais ce sont ceux du bassin du Batha qui possèdent les vallées alluviales les plus hétérogènes. Une nappe souterraine y favorise l'implantation de très nombreux villages alors que sur la feuille d'Abou Déia ceux-ci sont essentiellement groupés près des massifs.

5 - GÉOLOGIE

Nous distinguerons comme pour la notice des feuilles de Djouna - Lac Iro, deux grandes unités géologiques :

- 1°) Les pointements du socle. Les cuirasses ferrugineuses et le sédimentaire ancien
- 2°) Le sédimentaire quaternaire

5-1 - LES POINTEMENTS DU SOCLE. LES CUIRASSES FERRUGINEUSES ET LE SÉDIMENTAIRE ANCIEN

5-1-1 - Le socle et les pointements rocheux

Le socle affleure dans la partie ouest de la feuille d'Abou-Déïa où s'observe une série d'importants massifs (Hadjer Bolyoto, Aptom, Madamba, Abirt, Abgouroun...) qui s'élèvent jusqu'à 967 m. Vers le Sud-Est se voient divers petits massifs isolés de moindre importance (Dagour, Ter, Dougné, Djebren...).

Dans la partie nord-ouest de la même feuille apparaissent les derniers contreforts de l'Abou-Telfan (Hadjer Gonos, Bidiri, Bodom...) qui se retrouvent également dans le coin sud-ouest de la feuille de Mangalmé dont le principal massif du même nom est situé pratiquement au centre de celle-ci. Des affleurements du socle la partagent suivant une diagonale Sud-Ouest Nord-Est. Au Nord de nombreux petits massifs surgissent çà et là ennoyés dans le sédimentaire (Massifs d'Ab Djidat, Al Hamra, Maïgomo, Weïdala, Dar Oumar). Le socle est ici à faible profondeur.

Les roches qui constituent ces massifs se rattachent aux formations du massif central tchadien dont les massifs de Guéra et de l'Abou Telfan sont les deux principaux ensembles.

Vincent (17) les a classés en trois groupes :

- granites anciens dont "le faciès le plus fréquent est un granite orienté blanc et noir mésocrate à biotite et amphibole... Les feldspaths semblent être uniquement des plagioclases". Il s'agit d'un granite calco-alcalin proche des grano-diorites.

- granites intermédiaires "d'une grande hétérogénéité, le terme moyen est un granite rose et blanc, leucocrate à biotite seule et grain moyen". Ce granite est marqué de passées de pegmatite. L'hétérogénéité est souvent due à des proportions variables d'éléments ferromagnésiens.
- granites jeunes en batholites intrusifs discordants formant relief au-dessus des roches plus anciennes. Il en est distingué plusieurs types :
 - a) la série malgachitique aux feldspaths colorés en foncé : jaune paille, beige, cassonade, brun foncé ;
 - b) le granite type Abou Déia à très gros grains à feldspath blanchâtre, beige ou rosé souvent souillé d'oxyde de fer, à quartz vitreux et amphibole sodique ;
 - c) les granites à biotite

Une grande variété de "porphyre" est associée à ces granites jeunes (microgranites, rhyolites...). Ces roches forment des dykes parallèles orientés Sud-Est Nord-Ouest comme dans l'Abou-Telfan.

Plus récentes que les porphyres, ce sont mises en place des roches basiques, il s'agit de micro-gabbros à faciès doléritique ou basaltique.

5-1-2 - La série sédimentaire des sables rouges

Signalée pour la première fois par H. Frantz et J. Abadie (1) dans cette région, elle se localise principalement autour des différents pointements de Mangalmé, qu'elle ennoie partiellement. Cette même formation s'observe également au Sud de Mangalmé à Abgé, aux pieds d'un massif de moindre étendue.

Il s'agit d'une formation rouge sableuse à sablo-argileuse qui se rattache à la série des Koros du Sud du Tchad et à des témoins déjà signalés sur la feuille de Lac Iro (Bon, Ibir, Zan...) et sur celle de Miltou (Andi Garbokoum, Kédili...).

Son épaisseur est relativement importante. Le profil de Mangalmé atteint la profondeur de 4 mètres sans changements notables.

Cette série s'apparente aux formations du Continental Terminal.

5-1-3 - La cuirasse ferrugineuse

Elle couvre les 2/3 de la feuille d'Abou-Déia où elle est morcelée par les dépressions argileuses et s'étend vers le Nord jusqu'aux affleurements du socle qui partage suivant une diagonale Sud-Ouest Nord-Est la feuille de Mangalmé en deux parties. Au Nord de cette diagonale la cuirasse existe encore mais a des étendues alors très réduites.

Cette cuirasse est généralement constituée par une masse de concrétions ferrugineuses aux formes plus ou moins arrondies de couleur brun-rouille cimentées entre elles par un liant sablo-argileux, argilo-sableux jaunâtre ou rougeâtre. L'ensemble est très variablement durci.

Dans les affleurements, une croûte plus foncée très compacte, riche en fer, surplombe le niveau décrit ci-dessus. Le pourtour de ceux-ci est parsemé de gravillons ferrugineux arrondis provenant du démantèlement superficiel.

A l'inverse, dans les profils de sol, la cuirasse plus friable, s'attaque facilement à la pioche et est précédée par un niveau gravillonnaire non consolidé où les concrétions prennent des formes arrondies qui évoquent des phénomènes de dissolution du fer.

Dans les zones basses de collature ces vieilles cuirasses ont subi des enrichissements notables en fer. Elles ont alors une couleur brun-rouille foncée, sont massives sans concrétion ferrugineuse apparente et très dures. Des canaux remplis d'amas terreux grisâtres les traversent.

Ces cuirasses ferrugineuses ont des épaisseurs variables 2 à 3 m, parfois plus et reposent sur des matériaux bariolés (rouge, jaune, blanchâtre), indurés, argilo-sableux, sablo-argileux qui rappellent les grès ou les séries de texture diverse du Continental Terminal.

Au voisinage des massifs se mêlent à la cuirasse des débris de roches plus ou moins grossiers. Celle-ci peut reposer alors directement sur la roche plus ou moins altérée.

Toutes ces vieilles cuirasses sont en voie de démantèlement, soit par érosion mécanique, soit par dissolution du fer qui va précipiter en bas des pentes ou il donne naissance à des cuirasses plus jeunes, ou vient enrichir la cuirasse ancienne. C'est là en partie l'explication de l'étagement de ces surfaces cuirassées que l'on observe à différents niveaux et qui semblent constituer les marches d'un immense escalier descendant des massifs d'Abou Déia et de Mangalmé vers la dépression du Bahr Djourf.

Nous donnerons aux chapitres des sols, diverses analyses totales de ces cuirasses.

5-2- LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES QUATÉNAIRES

Sur la feuille d'Abou Déia, elles occupent le coin sud-est ainsi que les multiples dépressions qui ceignent les cuirasses et se poursuivent sur la feuille de Mangalmé. La majeure partie de cette feuille située au Nord des affleurements granitiques, est le domaine de ces formations sédimentaires quaternaires d'âge plus ou moins récent.

5-2-1 - La série sableuse ancienne

Comme sur la feuille du Lac Iro, elle se superpose à la cuirasse ferrugineuse mais à une épaisseur réduite, inférieure à 2 m n'atteignant souvent que quelques dizaines de centimètres. Il semble que nous ayions à faire à des dépôts venus se plaquer postérieurement sur la cuirasse plus ou moins démantelée et arasée.

Nous retrouverons également cette série dans le coin nord-ouest de la feuille de Mangalmé où débute un grand ensemble sableux qui prendra sa plus grande extension au Nord sur les feuilles d'Oum-Hadjer, Abéché, Biltine. Cet ensemble a subi anciennement un remaniement éolien qui se marque par de légères ondulations, orientées Nord-Sud, aujourd'hui fixées par une végétation arbustive ou de pseudo-steppe.

Enfin, on observe autour des petits massifs granitiques qui parsèment la région nord de la feuille de Mangalmé, des accolements sableux encore d'étendue restreinte mais qui annoncent les grands amoncellements que nous trouverons plus au Nord, dans le massif du Ouaddaï. Il s'agit là d'un remaniement éolien plus récent de la série sableuse ancienne.

Cette dernière est très sableuse (85 à 95 %), les sables sont quartzeux et de type fluviatile au Sud, plus ou moins éolisés dans la partie nord. Ils sont à dominance grossière (40 à 60 % compris entre 0,2 et 2 mm, parfois plus).

5-2-2 - Série argileuse à nodules calcaires

Elle occupe des surfaces importantes sur la feuille d'Abou Déia dans des dépressions multiples qui entaillent plus ou moins profondément la cuirasse ferrugineuse.

Ces argiles s'observent dans de larges couloirs dépressionnaires où serpentent des bahrs (Korom, Sakay...) ou de plus modestes cours d'eau qui vont rejoindre les bahrs Djourf et Salamat et qui, autrefois, allaient se jeter dans la grande dépression située à l'Est du Bahr Salamat. Celle-ci constituait alors une immense étendue marécageuse ou lacustre. C'est au cours de cette période, que se sont déposés ces sédiments qui contiennent de 30 à 50 % d'argile et s'observent sur une épaisseur pouvant atteindre 4 à 5 m.

De nos jours, cette série se présente comme un matériau de couleur brun-jaunâtre au microrelief très accentué, fait de multiples dépressions et buttes atteignant 30 à 40 cm de dénivellation. Le sol est parsemé d'abondants nodules calcaires pouvant atteindre parfois 10 à 15 cm de diamètre.

5-2-3 - Série argilo-sableuse des "regs" (1)

Celle-ci se voit dans la partie nord de la feuille de Mangalmé et semble prendre le relais de la série des argiles à nodules calcaires dans cette région et, plus au Nord, dans celle des plaines de piedmont du massif du Ouaddaï.

Le substratum granito-gneissique, proche de la surface du sol, affleure ça et là.

Les sédiments qui recouvrent le socle sont de nature sablo-argileuse à argilo-sableuse, brun-rouge en surface, brun-grisâtre en profondeur où pourront s'observer des nodules calcaires.

Ces sols sont superficiellement très sableux sur une dizaine de centimètres et les sables quartzeux (parfois 15 à 20 % de feldspaths cependant) de cet horizon sont fortement éolisés (fréquemment plus de 40 à 50 % de ronds mats).

La surface du sol est parsemée d'un abondant cailloutis quartzeux roulé.

Des poches de sable graveleux, quartzeux et feldspathique supérieur à 2 mm mais moins grossier que le cailloutis superficiel, s'observent au milieu des sols argilo-sableux.

Sur ces surfaces apparaissent de petites cuvettes plus argileuses, comblées récemment par colluvionnement. Le sol y est plus noir et peut présenter des nodules calcaires en plus ou moins grande abondance.

L'origine de cette sédimentation apparaît lacustre ou marécageuse. Son dépôt se serait fait lors d'un pluvial antérieur qui aurait remblayé de produits colluviaux les affleurements du socle environnant les massifs.

5-2-4 - Série fluviatile récente

Elle est figurée sur la seule feuille d'Abou Déia où elle constitue dans la corne sud-est quelques buttes sableuses exondées (Déléïba, Zerzoura...).

5-2-5 - Série argileuse récente

Elle se note par taches de faible étendue dans la partie nord de la feuille de Mangalmé où elle se mêle souvent à la série alluviale constituant les bourrelets, et par taches plus importantes dans le Sud-Est de la feuille d'Abou-Déia dans les grandes dépressions qui jalonnent les bahrs Djourf et Borh. Il s'agit là de dépôts argileux plus récents que les argiles à nodules calcaires, de couleur noire et plus argileux (50 à 70 %). Cette série contient, d'autre part, peu ou pas de nodules calcaires.

(1) Le nom de "reg" a été employé lors d'études antérieures pour des surfaces identiques. Il évoque des étendues planes pré-sahariennes couvertes d'un cailloutis abondant sur lesquelles se développe une végétation arbustive très clairsemée (11).

Il faut voir son origine dans un dépôt lacustre ou marécageux d'étendue plus réduite que celui qui a donné naissance aux argiles à nodules calcaires et d'âge plus récent. Il existe d'ailleurs encore dans le Sud-Est de la feuille d'Abou-Déïa des parties marécageuses pratiquement en eau toute l'année où se déposent d'identiques sédiments argileux (confluence du bahr Sakay et du bahr Djourf, Rahat Bar, Rahat Andouma...).

5-2-6 - Série alluviale subactuelle à actuelle

Localisée au voisinage des cours d'eau, elle constitue les bourrelets de ceux-ci ou des terrasses inondées au moment de la crue des fleuves.

Ces bourrelets sont particulièrement importants le long des bahrs Djourf et Borh où ils peuvent atteindre plusieurs kilomètres de large.

On les observe aussi le long des ouadis Mourmo, Darangé, Abourégé, Daboug... où ils forment des zones complexes avec les sols formés sur la série argileuse récente.

Ces sols alluviaux sont de texture diverse mais fine, sablo-limoneuse... argilo-sableuse. Cet alluvionnement est le plus récent que nous connaissons.

TABLEAU CHRONOLOGIQUE DES DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES

Tertiaire (Post-Eocène) - Quaternaire ancien et moyen

- Surface ferrallitique (Mangalmé - Abgé)
- Démantèlement de cette surface à la suite de mouvements du socle et de subsidence (abaissement du niveau de base)
- Formation de la surface cuirassée générale
- Dépôt de la série sableuse ancienne.

Quaternaire récent

- Phase lacustre : dépôt de la série argileuse à nodules calcaires et de la série argilo-sableuse des "regs".
- Dépôt de la série fluviatile récente. Quelques rares buttes (Déléïba, Zerzoura...) dans le coin sud-est de la feuille d'Abou Déïa.
- Dépôt des argiles récentes.
- Dépôt de la série alluviale subactuelle à actuelle.

6 - VÉGÉTATION

Ces deux feuilles sont situées en zone climatique sahélo-soudanienne de type tropical sec (pluviométrie de 900 à 500 mm). Les espèces classiques sont celles qui caractérisent ce climat :

<i>Anogeissus leiocarpus</i>	<i>Balanites egyptiaca</i>
<i>Combretum glutinosum</i>	<i>Terminalia avicennioides</i>
<i>Albizzia Chevalieri</i>

Nous distinguerons dans cette étude la végétation caractéristique de certains paysages, végétation qui reflète à la fois les conditions climatiques, les sols ou les affleurements de roches ou de cuirasses ferrugineuses.

6-1 - VÉGÉTATION DES RÉGIONS CUIRASSÉES

Plusieurs types vont se distinguer en fonction de la profondeur de la cuirasse ferrugineuse et de la topographie.

Lorsque la cuirasse est à faible profondeur (20-60 cm) la végétation se distribue en flots denses de faible étendue, accolés à des termitières. Les espèces sont des épineux buissonnants qui rendent la pénétration de ces taillis difficile malgré leur superficie réduite (10 à 20 m²). On y observe : *Acacia ataxacantha*, *Albizzia Chevalieri*, *Capparis corymbosa*, *Ziziphus mauritiaca*, *Dalbergia melanoxylon*, *Lansea humilis*, *Cissus quadrangularis*...

Ces flots de végétation sont séparés par de grands espaces nus parsemés de gravillons ferrugineux où affleure souvent la cuirasse ferrugineuse.

Lorsque la cuirasse est plus profonde, cette savane en flots tend vers le type arboré classique où domine *Anogeissus leiocarpus*.

Dans les parties basses où stagne l'eau des précipitations et où la cuirasse ferrugineuse très enrichie en fer par des apports est peu perméable, se note la végétation clairsemée composée de quelques arbres ou arbustes : *Gardenia sp.*, *Bauhinia reticulata*... associés à un tapis de grandes *Andropogonées*.

Dans le Nord de la feuille de Mangalmé, les quelques affleurements de cuirasse qui subsistent portent une végétation clairsemée basse. Nous avons ainsi noté près du village de Ramo, sous 50 cm de sol sableux reposant sur une cuirasse gravillonnaire : *Dichrostachys glomerata*, *Dalbergia melanoxylon*, quelques *Guiera senegalensis*.

Près des massifs granitiques, en même temps qu'affleure le socle, s'observent sur ces cuirasses : *Boswellia Dalzielii*, *Sterculia tomentosa*...

6-2 - VÉGÉTATION DES ZONES DÉPRESSIONNAIRES

Cette végétation est fonction de l'inondation (profondeur de la lame d'eau et durée) et de la nature du sol qui la porte.

Dans les marécages permanents à semi-permanents qui existent peu nombreux dans le Sud-Est de la feuille d'Abou Déia (Rahat Bar, Rahat Andouma...) s'observe, en eaux profondes, *Nymphaea Lotus* et, sur les rives, *Echinochloa pyramidalis et stagnina*, *Oryza Barthii*...

Dans les zones inondées argileuses situées entre les bourrelets des bahrs Djourf et Bohr se développe tantôt une prairie à grandes Andropogonées (*Hybarrhenia rufa*, *Cymbopogon sp...*) tantôt une savane armée à *Acacia Seyal* plus ou moins dense que nous retrouverons le long des multiples ouadis dans le Nord de la feuille de Mangalmé.

Les sols argileux à nodules calcaires enclavés dans les cuirasses ferrugineuses, plus faiblement inondés, ont une végétation intermédiaire entre la savane armée précédente et la savane arborée sur sable. On y observe en plus d'*Acacia Seyal*, *Bauhinia reticulata*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pseudocedrela Kotschyi*, *Balanites aegyptiaca*, *Dalbergia melanoxylon*, *Gardenia sp...* accompagnés d'un couvert graminéen d'Andropogonées.

6-3 - VÉGÉTATION DES BOURRELETS DES COURS D'EAU

Celle-ci est extrêmement diverse, fonction de la texture du sol, de l'inondation ou de la présence d'une nappe à plus ou moins grande profondeur, de phénomènes d'alcalisation.

Sur sols sableux à sablo-argileux bien drainés, nous trouvons les espèces courantes :

dans le Sud : *Anogeissus leiocarpus*, *Sclerocarya Birrea*, *Balanites egyptiaca*, *Combretum sp.*, *Hyphaene thebaica*... mais aussi des formations denses tendant vers la galerie forestière (le long du bahr Djourf dans des parties plus mal drainées sur des sols plus argileux : *Diospyros mespiliformis*, *Celtis integrifolia*, *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica*, *Crataeva Adansonii*, *Mitragyna africana*, *Acacia scorpioides*...).

On passe progressivement à la savane armée sur les sols argileux.

Dans le Nord où l'aridité des conditions climatiques est plus marquée, la savane arborée est plus claire avec des espèces arbustives plus nombreuses sur des sols de texture identique : *Guiera senegalensis*, *Acacia senegal*, *Zizyphus mauritiaca*, *Boscia senegalensis*... Un tapis graminéen plus court à Aristidées, *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis*, *Ctenium elegans* remplace souvent le tapis d'Andropogonées du Sud.

Sur des sols limono-argileux dans la partie nord se développent : *Acacia ataxacantha*, *Boscia senegalensis*, *Dalbergia melanoxylon*, *Dichrostachys glomerata*, *Acacia mellifera*...

L'inondation, des phénomènes d'engorgement vont amener une diminution du couvert végétal arbustif ou arboré en même temps qu'apparaîtront dans le Sud : *Gardenia sp.*, *Mitragyna africana*, *Terminalia macroptera*...

Enfin, l'alcalisation des sols va se traduire tant au Nord qu'au Sud par une très grande raréfaction du couvert végétal où ne subsisteront que quelques espèces bien définies : *Lansea humilis*, *Acacia Seyal*, *Balanites aegyptiaca*... et, plus au Nord, ces mêmes espèces accompagnées de *Acacia senegal*, *Dalbergia melanoxylon*... Le tapis graminéen est ras, discontinu, constitué de *Schoenefeldia gracilis*. Ces sols, qui portent le nom vernaculaire arabe de "naga", constituent de minces franges le long des cours d'eau et alternent avec les autres types cités précédemment.

6-4 - VÉGÉTATION DES "REGS"

Elle est très voisine de celle qui se développe sur les sols à alcalis des bourrelets. Les sols qui la portent sont eux-mêmes halomorphes et couvrent des surfaces importantes dans la partie nord et est de la feuille de Mangalmé.

Ces "regs" sont couverts par une végétation arbustive ou arborée très clairsemée. On y observe :

<i>Acacia Seyal</i>	<i>Dalbergia melanoxylon</i>
<i>Dichrostachys glomerata</i>	<i>Balanites egyptiaca</i>
<i>Acacia senegal</i>

Tous ces arbres ou arbustes sont rares et le paysage offre l'aspect d'une grande étendue nue interrompue par les lignes de végétation plus dense des bourrelets des cours d'eau.

Dans des parties plus boisées apparaissent : *Anogeissus leiocarpus*, *Ziziphus mauritiaca*...

Le sol est couvert d'un tapis graminéen ras composé de *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida funiculata*.

Dans de petites dépressions, se développe une prairie graminéenne à *Schoenefeldia gracilis* ou à Andropogonées qu'accompagnent quelques rares *Acacia Seyal*.

6-5 - VÉGÉTATION DES PARTIES MONTAGNEUSES

Dans la partie ouest de la feuille d'Abou Déia ainsi qu'au voisinage de Mangalmé où des affleurements rocheux de cette même feuille se développent, sur des arènes sableuses à sablo-argileuses souvent très grossières qui constituent les glacis des massifs, des savanes arborées plus ou moins denses où se notent : *Anogeissus leiocarpus*, *Sclerocarya Birrea*, *Balanites egyptiaca*, *Combretum sp.*, *Acacia Seyal*, *Bauhinia reticulata*, *Sterculia tomentosa*, *Acacia Sieberiana*, *Terminalia laxiflora*, *Ziziphus mauritiaca*, *Lansea humilis*...

Elles sont accompagnées d'un tapis haut d'Andropogonées et alternent avec des parties moins boisées qui cernent les affleurements du socle où dominant : *Boswellia Dalzielii* associés à *Sterculia tomentosa*, *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*...

Des taches de sols halomorphes se notent sur certains glacis. Ils portent la végétation clairsemée classique à *Lansea humilis*, *Balanites aegyptiaca*...

On peut y voir également, sur des taches de cuirasse ferrugineuse, la végétation buissonnante en flots décrite précédemment.

Dans le Nord de la feuille de Mangalmé, de multiples petits massifs granitiques sont ensablés dans des formations éoliennes venues se coller à leur versant. Elles portent généralement une végétation arbustive plus ou moins clairsemée : *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Bauhinia reticulata*... avec quelques arbres : *Sclerocarya Birrea*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides*...

6-6 - VÉGÉTATION DES ENSEMBLES SABLEUX

Elle s'observe dans la partie nord de la feuille de Mangalmé, soit autour des massifs montagneux ainsi que nous venons de le voir, soit sur la rive droite du Batha (Goz Bésé). Là, se développe une savane arbustive clairsemée qui prend des allures de pseudo-steppe. *Guiera senegalensis* est abondant accompagné de rares arbres cités précédemment. Le tapis graminéen est dense, à base d'Aristidées : *Aristida stipoides*, *Aristida adscensionis*... associés à *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Ctenium elegans*.

7 - LES SOLS

Classification

La classification adoptée est celle de G. Aubert et Duchaufour (1956), revue en 1958, 1962, 1965 par G. Aubert (3).

Cette classification qui est morphogénétique divise les sols en :

Classe	- caractère de l'évolution
Sous-classe	- résultat de l'action des facteurs écologiques qui conditionnent l'évolution : pédoclimat en particulier...
Groupe	- particularité du processus évolutif : lessivage...
Sous-groupe	- intensité du processus ou apparition de processus secondaires.

Nous distinguerons en suivant :

- SOLS MINERAUX BRUTS

- Roches et débris de roches
- Les cuirasses ferrugineuses

- SOLS PEU EVOLUES

- Sols d'érosion lithiques
 - sols sur granites
 - sols sur cuirasse
- Sols peu évolués d'apport
 - sols sur arène colluviale
 - sols sur alluvions fluviales récentes

- VERTISOLS

- Vertisols à pédoclimat très humide
 - Sols argileux à nodules calcaires et effondrements
 - Sols argileux des dépressions des "regs"
 - Argiles noires tropicales

- SOLS A SESQUIOXYDES

- Sols ferrugineux tropicaux
 - Sols peu développés sur matériau ferrallitique ancien
 - Sols peu à pas lessivés
 - Sols lessivés - à taches et concrétions
 - à cuirasse ferrugineuse

- SOLS HYDROMORPHES

- Sols hydromorphes minéraux
 - Sols à pseudo-Gley - sur matériau argileux lacustre
 - sur cuirasse ferrugineuse
 - sur alluvions fluviales récentes
 - sur matériau argilo-sableux des "regs"

- SOLS HALOMORPHES

- Sols à structure modifiée
 - Sols non lessivés à alcalis
 - sur alluvions fluviales récentes
 - Sols lessivés à alcalis (Solonetz, solonetz solodisés)
 - sur matériau argilo-sableux des "regs"

7-1 - SOLS MINÉRAUX BRUTS

7-1-1 - Roches et débris de roches

Ils occupent des surfaces assez étendues dans l'Ouest de la feuille d'Abou-Déïa ainsi que le long d'une diagonale Sud-Ouest Nord-Est sur celle de Mangalmé. Sur cette même feuille mais plus au Nord s'observent des taches très réduites.

Il s'agit de roches granitiques qui ont été décrites au chapitre géologie, et qui sont généralement ennoyées dans un glacis de piedmont où vont s'observer des terrains sédimentaires soit anciens (sols rouges, cuirasses ferrugineuses), soit d'âge plus récent (sols arénacés ou halomorphes).

7-1-2 - Les cuirasses ferrugineuses

Nous en avons parlé au chapitre géologie où leur description morphologique, en fonction de faciès divers, a déjà été donnée. Nous rappellerons la composition de ces cuirasses que nous avons citées déjà lors de la notice des feuilles de Lac Iro et Djouna (13). Les exemples donnés pour ces deux feuilles sont valables ici puisque ces cuirasses constituent un même ensemble qui se poursuit également sur les feuilles d'Am-Timan et d'Am-Dam à l'Est, et à l'Ouest sur celles de Guéra et Mongo où des exemples ont été également fournis (12).

Origine	Boum Kabir	Mallet	Bahr Salamat. Zakouma	Ouest de Boum-Kabir	
Echantillons	1	2	3	4	
Perte au feu	9,36	10,12	9,07	9,90	12,50
Quartz	17,88	14,85	8,76	2,32	4,67
Si O ₂ combinée	17,72	17,47	16,77	22,51	33,48
Al ₂ O ₃ %	17,95	19,5	19,37	19,88	32,75
Fe ₂ O ₃ %	36,36	37,92	45,5	46,2	17,86
Si O ₂ /Al ₂ O ₃	1,68	1,51	1,46	1,92	1,74
Si O ₂ /R ₂ O ₃	0,73	0,67	0,58	0,77	1,29

- 1 Cuirasse prélevée dans le puits de Boum Kabir. Elle forme un niveau de 3 à 4 m d'épaisseur sous un sol ferrugineux lessivé d'environ 2,50 m.
- 2 Cuirasse de surface prélevée à Mallet Sud-Ouest de la feuille Lac Iro.
- 3 Cuirasse pisolitique formant des bancs lités dans le cours du bahr Salamat près de Zakouma.
- 4 1 Croûte ferrugineuse se développant sur des grès argileux du Continental Terminal à l'ouest de Boum Kabir.
2 Grès argileux induré.

L'analyse aux rayons X de 3 de ces cuirasses associée à l'analyse triacide indiquent les compositions approximatives suivantes :

Echantillon 1

Quartz	18 %
Kaolinite	38 %
Goethite	40 %
Gibbsite	3 %

Echantillon 4

4 1	Kaolinite	47 %
	{ Goethite	(goethite dominante)
	{ Hématite	48 %
	Quartz	2 %
	Gibbsite	1 %
4 2	Kaolinite	70 %
	Goethite	20 %
	Quartz	5 %
	Gibbsite	6 %

Ces différentes cuirasses contiennent, suivant les cas, de 20 à 50 % de Fe₂O₃ (goethite dominante et hématite), des quantités variables d'Al₂O₃ liées à la silice sous forme kaolinique (38 à 70 %), du quartz et de faibles quantités de gibbsite (1 à 6 %).

7-2 - SOLS PEU ÉVOLUÉS

Ils sont caractérisés par un profil de type AC. L'horizon humifère est de faible épaisseur (10 à 30 cm) et peu organique. Les minéraux sont peu évolués par rapport au matériau originel.

Ceux que nous décrirons ici sont d'origine non climatique. Nous distinguerons :

7-2-1 - Sols d'érosion lithiques

7-2-1-1 - SOLS PEU EVOLUES SUR GRANITES

Ils n'occupent pas de surfaces considérables malgré la relative abondance des affleurements du socle et forment un complexe de glacis avec les sols minéraux bruts, des sols ferrugineux tropicaux, des sols hydromorphes à tendance plus ou moins nette vers l'halomorphie, des sols halomorphes.

Ces sols portent une végétation très clairsemée : *Boswellia Dalziellii*, *Sterculia tomentosa*...

Profil M 61 prélevé au Nord-Est de Karay (1)

- 0 - 30 cm : horizon sableux gris, faiblement humifère. Structure particulière. Cohésion et compacité faibles à nulles
- 30 - 50 cm : horizon sableux plus clair gris-jaunâtre identique à abondants éléments graveleux.
- 50... : roche granitique non altérée.

Ces sols, soumis à de fortes érosions, sont généralement incultes.

7-2-1-2 - SOLS PEU EVOLUES SUR CUIRASSE FERRUGINEUSE

Ces sols sont observés très fréquemment et ceci principalement sur la feuille d'Abou Déia et dans le Sud-Est de celle de Mangalmé. Ailleurs, sur cette dernière feuille, ils n'occupent plus que des taches de très faible étendue.

Ce type de sol fait un complexe cartographique où se distinguent : la cuirasse ferrugineuse affleurante, des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou des sols hydromorphes reposant sur la cuirasse ferrugineuse située à plus ou moins grande profondeur.

Ces sols portent une végétation disposée en flots denses séparés par des plaques nues. Les épineux y dominent : *Acacia ataxacantha*, *Albizzia Chevalieri*, *Ziziphus mauritiaca*, *Dalbergia melanoxylon*, *Dichrostachys glomerata*...

Nous citerons plusieurs profils de ces sols assez divers.

Profil A 43 au Sud-Est d'Abgé

- 0 - 20 cm : horizon gris-beige à taches rouille, sablo-limoneux. Structure polyédrique moyenne. Compact. Présence de gravillons ferrugineux.
- 20 - 60 cm : horizon gravillonnaire à liant gris à gris-ocre argileux devenant de plus en plus compact en profondeur.
- 60... : sans transition nette, cuirasse ferrugineuse prise en masse avec débris de roches granitiques.

Un peu plus loin affleurement de granite.

Ce sol présente des caractères d'hydromorphie assez accusés (taches rouilles, couleur grise, gris-ocre de l'horizon inférieur).

(1) Les lettres A et M précédant les numéros des profils indiquent la feuille sur laquelle ils ont été prélevés : A (Abou Déia), M (Mangalmé).

Profil A 32 Sud de Dougné

Végétation basse variée assez claire : *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya Birrea*, *Terminalia sp.*, *Ziziphus mauritiaca*, *Bauhinia reticulata*, *Albizia Chevalieri*, *Cassia Sieberiana*...

- 0 - 5 cm : horizon gris sableux grossier à gravillons ferrugineux. Structure particulière
- 5 - 15 cm : horizon gris sableux également grossier et gravillonnaire. Structure polyédrique moyenne. Compacité et cohésion assez fortes.
- 15 - 50 cm : horizon argilo-sableux ocre clair à gravillons ferrugineux. Structure polyédrique moyenne. Compacité faible
- 50 cm : cuirasse ferrugineuse vacuolaire, massive

Profil A 28 Sud-Est de Ter

Végétation relativement dense en flots : *Acacia ataxacantha*, *Albizia Chevalieri*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*...

- 0 - 20 cm : horizon gris sablo-limoneux. Structure fondue. Compacité, cohésion faibles
- 20 - 80 cm : horizon cuirassé argilo-sableux ocre-brun à ocre-rouge, vacuolaire, friable, à faible cohésion. Concrétions ferrugineuses plus ou moins bien formées brun-rouille à noires friables
- 80 - 100 cm : cuirasse très compacte également vacuolaire, à concrétions ferrugineuses brun-rouille dans un ciment ocre-clair, jaunâtre ou blanc prenant parfois un aspect feuilleté.

A proximité, sol de mare sur cuirasse à *Oxynanthera abyssinica*

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols présentent, le plus souvent :

- un liant de nature argilo-sableuse ou argileuse unissant les gravillons ferrugineux dans le niveau précédent la cuirasse compacte. Nous avons vu lors de l'analyse de ces cuirasses qu'une importante fraction kaolinique est emprisonnée dans le réseau ferrugineux.
- des concrétions ferrugineuses très arrondies, situées au-dessus de la cuirasse concrétionnée qui dénoncent une circulation hypodermique des eaux en saison des pluies d'où il résulte des phénomènes de dissolution du fer et un lessivage oblique de celui-ci et de l'argile.

Ces sols ont une valeur agronomique modeste, un complexe absorbant faiblement pourvu en bases particulièrement en potassium, une capacité d'échange en liaison avec la nature de l'argile, un degré de saturation souvent voisin de 50 à 60 %, des pH acides, des teneurs en matière organique et azote très variables.

Ils sont généralement peu cultivés et de grandes étendues sont vierges. C'est la partie de ces deux feuilles où la densité de population est la plus faible. Une forte érosion accompagne le défrichement qui précède la culture.

Sols peu évolués d'érosion

- sur granite (M 61)
- sur cuirasse ferrugineuse (A 32, A 43, A 28)

	M 61	A 32	A 43	A 28			
	Nord-Est de Karay	Sud de Dcugné	Sud-Est d'Abgé	Sud-Est de Ter			
ÉCHANTILLONS	611	321	322	431	432	281	282
Profondeur en cm	0-20	0-15	30-50	0-20	40-60	0-20	60-80
pH	6, 3	6, 3	5, 4	6, 1	5, 6	5, 5	6, 2
GRANULOMÉTRIE							
Terre fine %	95	77	70	80	30	100	54
Sable grossier %	83	52	42	31	13	45	37
Sable fin %	13	20	11	20	5	19	13
Limon grossier %	1	10	9	14	4	12	10
Limon fin %	1	10	10	16	6	10	12
Argile %	3	7	27	17	69	13	27
Humidité (105°) %	-	1	2	1	3	-	2
C03 Ca %	-	-	-	-	-	traces	0, 2
MATIÈRE ORGANIQUE							
Mat. org. tot. %	0, 5	0, 63		1, 36		0, 86	
Carbone %	0, 28	0, 37		0, 79		0, 50	
Azote total ‰	0, 26	0, 33		0, 56		0, 40	
C/N	10, 80	11, 20		14, 10		12, 50	
BASES ÉCHANGEABLES							
Ca mé %	1, 15	1, 65	1, 50	4, 30	6, 10	0, 70	1, 60
Mg mé %	0, 65	0, 40	0, 60	1, 90	3, 10	0, 35	0, 70
K mé %	0, 15	< 0, 10	0, 10	0, 20	0, 25	< 0, 10	0, 15
Na mé %	0, 10	< 0, 10	0, 15	0, 15	0, 15	< 0, 10	< 0, 10
S mé %	2, 05	2, 05	2, 35	6, 55	9, 60	1, 05	2, 45
T mé %		3, 65	3, 65	11, 9	13, 1	3, 55	4, 75
STRUCTURE (IS (K cm/h							
	0, 76	2, 36	3, 30	3, 5	3, 07	2, 55	1, 12
	4, 91	0, 29	0, 79	0, 45	0, 22	0, 52	2, 50

7-2-2 - Sols peu évolués d'apport

Il s'agit de sols formés soit sur des arènes souvent grossières, soit sur des alluvions fluviales récentes.

Ils sont, dans les deux cas, plus ou moins bien drainés et à tendance hydromorphe.

7-2-2-1 - SOLS SUR ARENE COLLUVIALE

Profil M 12 au Nord-Est de Délagoum (Sud-Ouest de la feuille de Mangalmé). Végétation arborée assez dense et variée : *Balanites egyptiaca*, *Sclerocarya Birrea*, *Tamarindus indica*, *Gardenia sp.*, *Acacia Seyal*, *Ziziphus mauritiaca*, *Albizzia Chevalieri*...

- 0 - 20 cm : horizon gris-noir, sablo-limoneux. Compacité moyenne à faible. Cohésion faible. Structure polyédrique assez fine.
- 20 - 120 cm : horizon brun-clair à beige, plus argileux, à structure, compacité et cohésion identiques, devenant légèrement graveleux vers 100 cm.

Il s'agit là d'un sol relativement bien drainé malgré une instabilité structurale forte et une faible perméabilité. De par sa composition granulométrique (pourcentage de limons assez élevé), il est proche des sols sur alluvions fluviales.

D'autres arènes sont beaucoup plus grossières et sont constituées à la fois d'éléments d'altération des granites (quartz et feldspaths) et de produits détritiques des cuirasses anciennes.

Profil A 3 : Sud de Dafra

Végétation : *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Sterculia tomentosa*, *Albizzia Chevalieri*, *Tamarindus indica*...

- 0 - 15 cm : horizon gris-brun, sableux à éléments grossiers. Structure particulaire à tendance polyédrique. Cohésion et compacité faibles.
- 15 - 80 cm : horizon ocre, graveleux, sablo-argileux. Structure polyédrique faible, tendance particulaire. Cohésion et compacité faibles.
- 80 cm... : horizon très graveleux. Débris de roches en voie d'altération.

Des variantes très diverses existent et sont fonction de l'intensité du colluvionnement. On note fréquemment des couches stratifiées alternées où des horizons graveleux sont nombreux. On observe aussi souvent des sols superficiellement sableux reposant sur des horizons argileux ou argilo-sableux.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont très hétérogènes ; la texture argilo-sableuse est fréquente, elle s'accompagne d'éléments graveleux (débris de roches, parfois gravillons ferrugineux).

L'instabilité structurale est élevée, la perméabilité souvent faible, aussi de fréquents types de sols sont-ils atteints par des caractères d'hydromorphie.

Les taux de matière organique et d'azote total sont variables, fonction de la position topographique, du degré d'érosion. Leur richesse en éléments échangeables est également diverse, en général bonne pour les ions Ca et Mg, très variable pour le potassium où des taux de 0,6-0,9 mé % voisinent avec des taux inférieurs à 0,1 mé % . L'ion Na est très modérément représenté, à l'inverse d'autres sols constituant le glacis de piedmont.

Utilisation

Ces sols peuvent porter des cultures de mil de saison des pluies. Ils sont fréquemment incultes lorsque trop graveleux.

7-2-2-2 - SOLS SUR ALLUVIONS FLUVIATILES RÉCENTES

Ils occupent des étendues restreintes et s'observent le long de cours d'eau dont ils constituent des bourrelets ou des terrasses. Difficilement cartographiables ils entrent dans un complexe alluvial où ils voisinent avec des solshydromorphes, des sols halomorphes et parfois des vertisols. Ils se notent principalement sur la feuille de Mangalmé.

Profil M 14 Sud-Ouest de Gouroufa

- 0 - 25 cm : horizon beige sableux. Structure grumeleuse à tendance particulière. Compacité et cohésion faibles
- 25 - 80 cm : horizon sableux à sablo-limoneux, beige. Structure polyédrique moyenne à tendance particulière. Peu compact et faible cohésion.
- 80 - 120 cm : horizon brunâtre à texture identique. Structure polyédrique moyenne. Compacité moyenne, cohésion faible. Légère hydromorphie par taches rouille peu prononcées.

Végétation dense à base d'*Albizzia Chevalieri*, *Acacia caffra*, *Balanites aegyptiaca*...

Propriétés physiques et chimiques

Dans cette partie (proximité de massifs montagneux ou d'affleurements plus modestes du socle), ces sols sont souvent de nature sableuse. Si les limons sont en quantité non négligeable, la fraction sableuse grossière (0,2 mm à 2 mm) est élevée, les teneurs en argile sont assez faibles.

L'instabilité structurale de ces sols est grande et leur perméabilité faible.

Ils ont des pH très variables, faiblement acides à neutres (6,5 - 7) à très acides (4,5).

Les taux de matière organique pour les exemples que nous possédons sont faibles (0,5 - 0,6 %), ceux d'azote total identiques (0,3‰).

Les teneurs en éléments assimilables sont très moyennes avec des déficiences parfois importantes en ion K. Le taux de P₂ O₅ est faible 0,1 ‰ pour l'échantillon M 81 (0-20 cm) prélevé à Am-Nabak au Nord de Gouroufa.

Utilisation

Si, dans d'autres régions, ces sols sont parmi les meilleurs que possède le Tchad, ici leur valeur agricole est plus modeste. Ils sont cependant très recherchés et abondamment cultivés. Ils portent les plantations les plus diverses : mil, petit mil, arachide, pois de terre...

7-3 - VERTISOLS

Ils présentent des profils de type A (B) C ou A (B)_g C.

Ceux que nous observons sur ces deux feuilles sont des vertisols à pédoclimat très humide parfois à tendance vers une structuration fine en surface mais, le plus souvent, très largement structurée.

Nous en distinguerons 2 types :

7-3-1 - Sols argileux à nodules calcaires et effondrements

Ils prennent une extension importante sur la feuille d'Abou-Déia où ils morcellent l'ancienne étendue de cuirasse ferrugineuse. On les observe également par taches moins importantes, sur la feuille de Mangalmé.

Ces sols se sont formés sur des dépôts lacustres ou fluvio-lacustres déposés lors d'un pluvial antérieur. Ils portent des savanes arborées généralement assez clairsemées à : *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pseudocedrella Kotschyi*, *Bauhinia reticulata*, *Gardenia* sp.... et un tapis d'Andropogonées.

Nous avons peu de renseignements sur leur régime hydrique. Il semble qu'ils soient inondés en saison des pluies sous des hauteurs d'eau variables, parfois de 80 à 100 cm.

Ils présentent un microrelief important constitué d'une multitude de petites buttes de 30 à 40 cm de haut et de dépressions. Le sol est parsemé de nodules calcaires de taille variable pouvant atteindre 10 à 15 cm de diamètre. En surface également s'observe un cailloutis quartzeux roulé souvent rubéfié.

Profil A 50 Est de Foulounga

- 0 - 50 cm : horizon gris-brun argileux. Structure polyédrique moyenne. Cohésion et compacité fortes. Nombreux nodules calcaires en surface et dans l'horizon lui-même. Grandes fentes de retrait.
- 50 - 100 cm : horizon brun-jaunâtre, argileux. Structure polyédrique à prismatico-polyédrique moyenne à grossière. Surfaces de glissements brillantes et bosselées visibles sur les faces des éléments structuraux. Compact. cohésion forte. Présence de nodules calcaires dispersés dans cet horizon et petites concrétions ferrugineuses noirâtres.

Il s'agit là d'un profil de sol très largement structuré dès la surface.

Au voisinage des massifs, on observe dans ces sols, des inclusions de roches granitiques et des gravillons ferrugineux issus des cuirasses démantelées.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont argilo-sableux à argileux et contiennent de 35 à 55 % d'argile. La fraction limoneuse peut atteindre 12 à 15 %, tandis que les sables grossiers sont relativement abondants.

La structuration est généralement grossière dès la surface. Elle peut être exceptionnellement polyédrique fine à grumeleuse sur 5 à 20 cm, en dessous s'observent des horizons à structure polyédrique moyenne, prismatico-polyédrique ou prismatique plus ou moins grossière.

Leur compacité et leur cohésion sont généralement fortes. L'instabilité structurale est élevée (4-5 parfois 6 ou plus), la perméabilité souvent faible.

Les taux de matière organique sont souvent voisins de 1 %, ceux d'azote total de 0,4 à 0,5 ‰. Les pH acides en surface (6 - 6,5) se relèvent en profondeur pour devenir alcalins (8 - 8,5).

La somme des bases échangeables atteint 20 à 25 mé % parfois 30. L'ion Ca représente 15 à 20 mé %, Mg 5 à 8 mé %, K est plus variable 0,1 à 1 mé %, les valeurs moyennes se situant entre 0,5 et 0,6 mé %. Na est en faible quantité dans les horizons supérieurs mais dépasse souvent 1 mé % en profondeur.

Les chiffres de P205 total de l'horizon de surface sont faibles (0,1 ‰).

Utilisation

Une grande partie de ces terres est inculte, la densité de population étant extrêmement réduite dans la région où domine l'association cuirasse ferrugineuse - argile à nodules calcaires. Une très faible partie est cultivée en mil "berbéré", mil repiqué en fin de saison des pluies dans un terrain encore détrempe mais évacué des eaux d'inondation où de ruissellement.

7-3-2 - Sols argileux des dépressions de " regs "

Ce type est assez proche du précédent et se note uniquement dans la partie nord de la feuille de Mangalmé. Il occupe des dépressions plus ou moins étendues entourées par des sols halomorphes.

Le Profil M 59 que nous donnerons a été observé au Nord-Est de Ramo. De petites buttes couvertes par une savane arbustive à *Dichrostachys glomerata*, *Dalbergia melanoxylon*, *Acacia mellifera*... subsistent çà et là au milieu de la dépression au sol effondré et à tapis graminéen de *Schoenefeldia gracilis* accompagné de quelques arbres : *Acacia Seyal*...

0 - 25 cm : horizon brun clair, argilo-sableux. Structure polyédrique moyenne à fine. Faibles compacité et cohésion. Quelques rares ségrégations ferrugineuses.

25 - 80 cm : horizon brun plus foncé, plus argileux, à structure grossière prismatique. Compact, massif à forte cohésion. Très petits gravillons noirâtres peu abondants.

Le sol de ces dépressions peut être recouvert de placages sableux superficiels, de dépôts sablo-argileux dans les parties les plus basses où s'observent alors des phénomènes de ségrégation très marqués qui font de ces sols des types hydromorphes.

Dans ces dépressions, les nodules calcaires sont rares ou totalement absents. Il semble que l'on ait affaire à des produits colluviaux relativement jeunes.

Propriétés physiques et chimiques

Elles sont analogues à celles données pour les sols argileux à nodules calcaires. Les taux de matière organique et d'azote sont cependant plus élevés.

L'ion Na, pour les exemples que nous possédons, est faiblement représenté, inférieur à 1 mé %. Les taux de P2 O5 total sont faibles (0,2 ‰).

Utilisation

Ces sols, comme les précédents, sont assez peu utilisés car enclavés au milieu de sols halomorphes où la population est pratiquement absente.

Vertisols :
Sols argileux à nodules calcaires et effondrements (A 50 - M 13)
Sol argileux (dépression de "regs") (M 59)

A 50	M 13	M 59
Est de Foulounga	Est de Bourtille	Est de Ramo

ÉCHANTILLONS	501	502	131	132	591	592
Profondeur en cm	0-20	90-110	0-20	70-90	0-20	50-70
pH H ₂ O	7,3	8	5,8	8,2	6,7	6,8
pH KC & N			4,6	6,7	5,5	5,4
<u>GRANULOMÉTRIE</u>						
Terre fine %	86	75			100	100
Sable grossier %	27	10	32	25	28	24
Sable fin %	11	25	15	14	16	14
Limon grossier %	5	6	7	6	8	8
Limon fin %	7	14	12	13	8	8
Argile %	46	41	31	39	37	43
Humidité (105°) %	4,5	4	3	3,5	3	4
CO ₃ Ca %	0,1	0,3				
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>						
Mat. org. tot. %	1,01		1,31		1,34	
Carbone %	0,59		0,76		0,78	
Azote total ‰	0,53		0,58		0,73	
C/N	11,10		13,10		10,70	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>						
Ca mé %	19,80	21,95	11,95	17,65	14,95	19,40
Mg mé %	3,70	3,35	3,00	2,40	8,20	7,20
K mé %	0,35	0,30	0,35	0,30	< 0,10	0,25
Na mé %	0,45	0,35	< 0,10	1,20	0,30	0,35
S mé %	24,30	25,95	15,30	21,55	23,45	27,20
<u>STRUCTURE</u> (IS						
	2,30	2,44	2,87	4,94	2,67	3,22
(K cm/h	2,26	2,23	2,93	2,77	3,12	1,74
P2 05 %			0,1			

7-3-3 - Argiles noires tropicales

Elles occupent des surfaces relativement peu étendues situées de part et d'autre du Bahr Djourf dans le Sud-Est de la feuille d'Abou-Déia et dans la partie nord et nord-ouest de celle de Mangalmé, le long de nombreux bahrs affluents du Batha.

Il s'agit dans les deux cas de dépôts fluvio-lacustres relativement récents. Ces sols sont inondés en saison des pluies au moment de la crue des fleuves pendant plusieurs mois de l'année et portent soit une végétation de prairie marécageuse à hautes Andropogonées, soit la savane armée à *Acacia Seyal* qu'accompagne, dans les parties les plus mal drainées, *Acacia scorpioides var. nilotica*.

Le Profil M 42 a été relevé à Dabazin, dans la zone d'inondation de l'Ouadi Abourégé.

0 - 30 cm : horizon argileux gris-noir. Structure polyédrique moyenne. Compacité moyenne. Cohésion forte

30 - 100 cm : horizon argileux noir. Structure prismatique grossière. Compact. Forte cohésion. Légèrement humide. Surfaces bosselées et brillantes des éléments structuraux

100 - 150 cm : horizon identique à pseudo-mycelium abondant.

Les fentes de retrait profondes de 80 à 100 cm, dessinent en surface, un système polygonal dont les mailles ont de 60 à 80 cm de diamètre. Il n'y a pas d'effondrement.

Certains profils peuvent présenter dans leur horizon supérieur des phénomènes de ségrégation du fer.

Les nodules calcaires dans ces sols, sont très peu abondants. Un pseudo-mycelium, en partie calcaire, est plus fréquent et marque déjà un terme de passage vers l'alcalisation.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont plus argileux que les précédents (50 à 60 % d'argile). Ils contiennent également des pourcentages de limons assez élevés (10 à 20 %) mais une fraction sableuse grossière assez faible.

Ils ont une structure analogue à celle des argiles à nodules calcaires mais sont toujours très largement structurés dès la surface.

L'instabilité structurale est élevée et la perméabilité faible.

Les taux de matière organique et d'azote total sont voisins de ceux des argiles à nodules calcaires.

La somme des bases échangeables atteint 25 à 35 mé %.

Ca	15 à 25	mé %	
Mg	5 à 10	mé %	
K	0,5 à 1	mé %	parfois cependant 0,2-0,3 mé %
Na	1 à 2	mé %	

Il y a peu de sels solubles. Ceux-ci sont des carbonates et sulfates de sodium.

Les taux de P2 O5 total sont faibles (0,1 ‰).

Utilisation

Localisés dans une région où la densité de population est relativement forte, ces sols sont beaucoup plus exploités que les précédents. Ils portent, de la même façon, des cultures de mil repiqué en fin de saison des pluies.

Vertisols : Argiles noires tropicales

M 42
Dabazin

A 37
Est de
Deressa

ÉCHANTILLONS	421	422	423	371	372
Profondeur en cm	0-20	80-100	150-160	0-20	80-100
pH H ₂ O	6,5	8	7,9	6,1	6,3
pH KC & N	5,1	6,6	6,5		
GRANULOMÉTRIE					
Terre fine	%			100	100
Sable grossier	%	8	4	2	16
Sable fin	%	9	6	5	13
Limons grossiers	%	10	9	8	6
Limons fins	%	18	20	21	7
Argile	%	50	56	58	54
Humidité (105°)	%	5	5	6	4,5
MATIÈRE ORGANIQUE					
Mat. org. tot.	%	0,89			1,10
Carbone	%	0,52			0,64
Azote total	‰	0,48			0,58
C/N		10,80			11,00
BASES ÉCHANGEABLES					
Ca mé	%	16,10	24,45	24,50	14,60
Mg mé	%	6,10	5,35	6,10	7,10
K mé	%	0,80	0,90	0,60	0,60
Na mé	%	0,35	1,45	1,45	0,30
S mé	%	23,35	32,15	32,65	22,60
STRUCTURE					
(IS)		2,66	3,68	3,44	3,07
(K cm/h)		0,67	0,46	1,23	4,40
					1,55

7-4 - SOLS A SESQUIOXYDES

Ils sont caractérisés :

- par la présence de sesquioxydes très individualisés (Fer, Alumine, Manganèse) liés aux surfaces des colloïdes (sols ferrallitiques) ou indépendants (sols ferrugineux tropicaux).
- par un humus rapidement décomposé.

Dans les sols ferrallitiques, les éléments de la roche mère sont profondément et très fortement altérés. Le profil est de type A B C ou A (B) C. B étant un horizon d'accumulation relative par départ d'éléments. Ce profil est épais de 5 à 6 m. La fraction limoneuse est peu importante. Ces sols ont une capacité d'échange faible, un degré de saturation inférieur à 40 %. Le rapport Si O₂/Al₂O₃ qui caractérise l'état de ferrallitisation, est inférieur ou très voisin de 2, la fraction argileuse est composée de kaolinite, de sesquioxydes de fer et d'alumine.

Les sols ferrugineux tropicaux beaucoup moins profonds (2 à 3 m) sont à profil A B C, l'horizon B étant un horizon d'accumulation textural. Il peut être également structural. Ces sols sont relativement riches en sesquioxydes de fer mais sans alumine libre. Le degré de saturation est plus élevé, et la fraction colloïdale constituée par de la kaolinite à laquelle s'ajoutent illite et sesquioxydes de fer. Le rapport Si O₂/Al₂O₃ est supérieur à 2.

Dans cette région du Tchad, nous avons observé :

- quelques rares taches de sols ferrallitiques anciens qui évoluent actuellement vers des sols ferrugineux tropicaux
- des sols ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés au Nord, lessivés dans la partie sud.

7-4-1 - Sols ferrugineux tropicaux peu développés sur matériau ferrallitique ancien

Ils s'observent en 2 ou 3 points sur ces feuilles, au voisinage du massif de Mangalmé et autour du pointement granitique d'Abgé où leur extension est faible. Ils sont difficilement cartographiables vu leur étendue restreinte et sont figurés à l'état de complexe avec des sols minéraux bruts, des sols peu évolués d'érosion, des sols halomorphes.

Le sol est de couleur franchement rouge, identique à ce que nous connaissons dans le Sud du Tchad ou de tels sols constituent de vastes plateaux portant le nom de "koros". Ils peuvent donc apparaître comme les buttes témoins des anciens sols qui couvriraient toute cette région.

Ces sols sont souvent mêlés d'éléments détritiques des granites (quartz et feldspath) d'apport récent qui peuvent former des litages (Abgé). Ils étaient couverts, dans les endroits où nous les avons vus, par la jachère après culture de mil (repousses de *Ziziphus mauritiaca*, accompagnées de quelques *Hyphaene thebaica*)

Le Profil M 66 a été pris près de Mangalmé, sur la route d'Abéché dans la zone de piedmont d'un des massifs. Très dénudé et de pente légère, ce sol subit une érosion en nappe importante. Il n'y a pas d'horizon humifère distinct.

- 0 - 30 cm : horizon rouge-jaune sableux. Structure fondue. Consistance faible. Porosité réduite et tubulaire. Cet horizon est régulièrement strié, légèrement tassé
- 30 - 75 cm : horizon rouge sableux. Structure fondue à tendance polyédrique. Cimentation plus nette. Porosité d'agrégats et tubulaire bien développée
- 75 - 280 cm : horizon rouge sablo-argileux. Massif à débit irrégulier. Cohésion et consistance plus fortes. Porosité réduite seulement tubulaire
- 280 - 390 cm : horizon rouge sablo-argileux plus riche en graviers de quartz et feldspaths. Structure à tendance polyédrique moyenne. La consistance diminue en même temps que la porosité augmente légèrement.

Ce profil n'a pas été observé au-delà de 3,90 m.

Propriétés physiques et chimiques

Ce type de sol à une texture sableuse en surface, sablo-argileuse en profondeur où se retrouvent des taux constants d'argile (20 à 25 %). La fraction limoneuse est faible de 1 à 5 %, la fraction sableuse grossière importante (50 % environ de sable compris entre 0,2 et 2 mm).

L'analyse minéralogique révèle, dans l'horizon de surface, une prédominance de quartz dont 50 % environ sont éolisés et 4 % environ de feldspaths.

L'instabilité structurale croît avec la profondeur en même temps que diminue la perméabilité.

Le taux de matière organique de l'horizon de surface est faible (0,32 %) ainsi que celui d'azote total (0,30 ‰) le rapport C/N est bas.

Le complexe absorbant est assez fortement désaturé en surface (V = 40 %), beaucoup moins en profondeur (V = 65 à 75 %). Les ions Ca et Mg sont bien représentés, en moyenne 90 % de la somme des bases échangeables, avec prédominance de calcium. L'ion K a des valeurs faibles 0,1 - 0,25 mé %.

L'ion Na (0,1-0,2 mé % en surface) est plus abondant en profondeur.

Les chiffres de P2 05 sont faibles (0,1 - 0,15 ‰ en surface).

Les analyses de fer libre et fer total montrent un léger lessivage de cet élément en surface. La presque totalité du fer est sous forme libre.

N°	Fe2 O3 libre %	Fe2 O3 total %	$\frac{\text{Fe2 O3 libre}}{\text{Fe2 O3 total}}$ %
661	1,07	1,55	69,0
662	2,32	2,34	99,1
663	2,56	3,00	85,3
664	2,78	3,18	87,5
665	2,66	2,95	89,7
666	2,96	3,32	89,1

Ce lessivage est visible à l'observation du profil où les horizons supérieurs sont moins colorés.

L'analyse aux rayons X et l'analyse thermique des échantillons de ce profil révèlent la présence de kaolinite associée à de la goéthite mais pas de gibbsite.

L'analyse triacide de divers horizons de ce même profil donne les résultats suivants :

N°	661	663	665
Profondeur en cm	0-10	100	320-330
Perte au feu %	0,95	2,90	3,35
Résidu quartz %	91,25	76,25	74,45
Si O2 combinée %	3,35	9,45	10,10
Al2 O3 %	2,55	7,60	8,15
Fe2 O3 %	1,55	3	2,95
Si O2/Al2 O3	2,24	2,12	2,11
Si O2/R2 O3	1,62	1,69	1,71

Utilisation

Ces sols portent des cultures de mil. Ils sont généralement soumis à une érosion en nappe assez intense du fait de leur position topographique (pente légère) et de la présence d'un horizon supérieur très sableux et peu consolidé.

Sol ferrugineux tropical peu développé
sur matériau ferrallitique ancien

M 66

Près de Mangalmé

ÉCHANTILLONS	661	662	663	664	665	666
Profondeur en cm	0-20	60-80	120-140	200-220	280-300	360-380
pH H ₂ O	4,6	5,1	6,2	6,7	7,5	8,1
pH KC l N	4,2	4,7	5	5,4	6,2	7
GRANULOMÉTRIE						
Sable grossier %	56	53	48	47	48	45
Sable fin %	31	22	18	19	19	18
Limón grossier %	4	3	5	6	6	7
Limon fin %	1	2	3	3	4	5
Argile %	7	18	25	23	22	24
Humidité (105°) %	-	1	1,5	1,5	1,5	1,5
C03 Ca %					traces	0,3
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	0,33					
Carbone %	0,19					
Azote total ‰	0,30					
C/N	6,30					
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	0,50	1,90	3,10	3,80	-	-
Mg mé %	0,70	1,40	1,00	0,70	0,60	0,80
K mé %	0,10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Na mé %	<0,10	0,20	0,10	<0,10	0,70	0,60
S mé %	1,30	3,75	4,45	4,75	-	-
T mé %	3,00	5,70	6,10	6,60	6,80	7,00
V %	43,30	65,80	73,00	73,50		
STRUCTURE (IS (K cm/h						
	1,19	2,43	4,30			
	3,42	2,75	1,20			

7-4-2 - Sols ferrugineux tropicaux peu à pas lessivés

Ils s'observent par taches de faible étendue dans la partie nord de la feuille de Mangalmé et forment un terme de passage avec des sols bruns steppiques que l'on y observe. Ils constituent généralement des accolements sableux aux massifs granitiques qui surgissent çà et là sous forme d'inselbergs.

Ces amoncellements sableux apparaissent comme un remaniement éolien d'une ancienne série fluviale. Ils sont couverts par une végétation arbustive et discontinue, proche de la pseudo-steppe, à *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Bauhinia reticulata*... qu'accompagnent quelques arbres : *Sclerocarya Birrea*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicenioides*... et un tapis graminéen dense.

Le Profil M 31 a été prélevé à l'Est d'Am Nabak dans l'ensablement qui entoure les affleurements du socle à Al Libédat. Il s'agit d'un sol ferrugineux tropical peu lessivé assez bien typé.

- 0 - 20 cm : horizon gris sableux. Structure fondue à tendance polyédrique. Peu compact. Faible cohésion
- 20 - 100 cm : horizon ocre grisâtre, sableux. Structure fondue. Egalement peu compact et à faible cohésion.

Nous citerons en suivant, le profil M 18 qui apparaît morphologiquement comme un terme de passage vers les sols bruns steppiques. Il a été prélevé près de Birket Fatimé dans le coin nord-ouest de la feuille de Mangalmé sous végétation de *Guiera senegalensis*, *Albizzia Chevalieri*, *Combretum glutinosum*...

- 0 - 35 cm : horizon gris-brun sableux à structure polyédrique moyenne à particulaire et cohésion faible
- 35 - 110 cm : horizon brun clair à brun-jaunâtre se dégradant insensiblement en des tons plus clairs, sableux. Structure polyédrique fine à particulaire. Compacité et cohésion faibles à moyennes
- 110 - 140 cm : horizon beige ocré sableux. Structure polyédrique fine à particulaire. Compacité et cohésion faibles.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont généralement très sableux avec une fraction sableuse grossière importante (60 à 65 %). Les sables sont à dominance quartzeuse et le pourcentage d'éléments éolisés est important. La fraction argileuse est peu élevée (3 à 5 %) et augmente peu avec la profondeur (5 à 15 %).

Les teneurs en matière organique et azote total sont généralement faibles (0,3 à 0,5 % et 0,2 à 0,3 ‰).

Les bases échangeables sont en quantité modeste. Leur somme est souvent inférieure à 1 mé %. Les taux de potassium sont faibles, parfois inférieurs à 0,1 mé % ainsi que ceux de Na.

Les teneurs en P2 O5 total sont très peu élevés 0,1 ‰.

Morphologiquement, quelques uns de ces sols s'apparentent déjà aux sols bruns steppiques par la coloration d'un horizon humifère assez développé. Signalons cependant le pH encore fortement acide de certains horizons.

On notera également le lessivage en fer de l'horizon supérieur qu'indique le tableau ci-dessous.

N°	Fe2 O3 libre %	Fe2 O3 total %	Fe2 O3 libre
			Fe2 O3 total %
181	0,38	0,74	51,3
183	1,38	1,54	89,6

Utilisation

Ces sols sont cultivés assez intensément en mil, petit mil et arachide car les surfaces sableuses sont rares en cette région. Ils sont d'une valeur très médiocre et soumis à une érosion éolienne intense.

Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés
 Passage aux sols bruns steppiques

M 31 M 18
 Est Ouest de
 d'Am Nabak Barket Fatimé

ÉCHANTILLONS	311	312	181	182	183
Profondeur en cm	0-20	80-100	0-20	50-60	100-120
pH H ₂ O	6,4	5,8	6,2	4,6	4,5
pH KC l N	5,5	5	5,2	3,9	3,9
<u>GRANULOMÉTRIE</u>					
Terre fine %	98	98			
Sable grossier %	62	58	65	60	63
Sable fin %	29	30	24	19	16
Limon grossier %	3	3	4	4	4
Limon fin %	3	2	2	2	2
Argile %	3	5	3	15	14
Humidité (105°) %	-	-	-	1	1
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>					
Mat. org. tot. %	0,45		0,34		
Carbone %	0,26		0,20		
Azote total ‰	0,25		0,25		
C/N	10,40		8,00		
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>					
Ca mé %	1,60	2,50	0,15	0,55	0,65
Mg mé %	0,70	0,70	<0,20	0,25	0,20
K mé %	0,20	0,25	<0,10	<0,10	<0,10
Na mé %	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
S mé %	2,50	3,45	0,15	0,80	0,85
T mé %	3,60	4,30			
<u>STRUCTURE (IS</u>					
	0,35	0,68	1,31	2,42	3,01
(K cm/h	6,03	1,73	0,85	2,16	2,47

7-4-3 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés

7-4-3-1 - SOLS A TACHES ET CONCRÉTIONS

Ils sont peu répandus et s'observent par taches assez rares dans le Sud-Est de la feuille d'Abou-Déia où ils constituent des buttes exondées au milieu de la plaine, d'inondation du bahr Djourf.

Le profil que nous décrivons a été observé un peu plus au Nord, au voisinage d'une des collines granitiques qui constituent le massif de Mangalmé. Il a été prélevé dans un piedmont ensablé, de pente faible, formant un arc convexe autour du pointement lui-même. Le lieu de prélèvement venait d'être cultivé en mil et portait de nombreuses repousses d'*Hyphaene thebaïca*, des buissons de *Ziziphus mauritiaca* et quelques grands arbres : *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*...

Profil M 70

En surface, sables particuliers grossiers sur 5 à 7 cm.

- 0 - 8 cm : horizon gris beige ocré, à trainées grisâtres horizontales. Structure fondue à tendance feuilletée ou nuciforme peu développée. Cohésion faible. Porosité d'agrégats faible mais nombreux canaux et pores. Racines formant un fin chevelu vertical
- 8 - 25 cm : horizon beige rosé, strié horizontalement. Structure et texture identiques. Cohésion plus faible. Porosité d'agrégats un peu plus développée. Chevelu de racines moins fourni
- 25 - 45 cm : horizon ocre clair sableux. Structure également fondue mais à tendance polyédrique. Cohésion et compacité faibles.
- 45 - 80 cm : horizon ocre-rouge légèrement plus argileux. Structure fondue à tendance polyédrique moyenne plus nette. Cohésion plus forte. Bonne porosité
- 80 - 140 cm : horizon rouge sablo-argileux à concrétions ferrugineuses durcies et brun-rouge. Structure polyédrique fine à moyenne. Cohésion et compacité assez faibles. Porosité tubulaire peu développée.

D'autres profils comme celui prélevé sur la feuille d'Abou Déia entre Siref et Foulounga (Profil A 18) situés nettement plus au Sud, sont plus fortement lessivés en argile et présentent des débuts de concrétionnement vers 50 à 60 cm. La présence sous-jacente de la cuirasse est vraisemblable dans les 2 cas.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont, en général, très sableux. On passe graduellement à l'horizon illuvial situé plus ou moins profondément. Celui-ci est parfois très profond dans des sols originellement très sableux.

L'indice de lessivage de l'argile est de l'ordre de 6 à 8. Les taux de limons fins sont faibles. Les sables grossiers dominent très largement (50 à 60 %).

Le lessivage du fer est assez bien marqué.

N°	Fe2 O3 libre %	Fe2 O3 total %	Fe2 O3 libre
			Fe2 O3 total %
701	0,67	1,20	55,8
702	0,85	1,28	66,4
703	1,15	1,71	67,2
704	1,47	2,17	67,7

Les teneurs en matière organique sont faibles 0,3 - 0,5 %, les taux d'azote total marchent de pair (0,15 - 0,25 ‰) et les rapports C/N sont voisins de 10.

Les pH sont acides et diminuent en profondeur (4,5 - 5) pour se relever dans les horizons les plus profonds.

L'instabilité structurale est faible dans les horizons de surface mais croît en profondeur. Les perméabilités sont faibles (K = 1 cm/heure).

Les bases échangeables sont en quantités assez médiocres. La somme peut être inférieure à 1 mé %.

Ca et Mg dominant

K est variable, souvent faible

Na est pratiquement inexistant, inférieur à 0,1 mé %.

Les chiffres de P2 O5 total sont également faibles de l'ordre de 0,1 ‰ en surface.

Utilisation

Ces sols sont parmi les mieux utilisés, malheureusement leur étendue est assez modeste sur ces 2 feuilles. Ils portent les cultures les plus diverses : mil, petit mil, arachide et, dans le Sud, quelques plantations de coton.

Sols ferrugineux tropicaux lessivés

M 70
Mangalmé

A 48
Entre Siref et Foulounga

ÉCHANTILLONS	701	702	703	704	705	481	482	483
Profondeur en cm	0-8	10-20	30-40	60-70	120-130	0-20	30-50	70-90
pH H ₂ O	5,6	4,6	4,5	5,9	6,8	6,4	5	5
pH KC ^l	4,8	4,3	4,3	5,3	6,1			
GRANULOMÉTRIE								
Terre fine %	99,5	98	97	97,5	57	100	100	81
Sable grossier %	55	54	59	54	57	62	59	55
Sable fin %	29	33	23	24	13	29	24	20
Limon grossier %	9	6	6	5	6	4	4	4
Limon fin %	3	2	2	3	3	2	2	2
Argile %	4	5	9	14	19	2	9	18
Humidité (105°) %	-	0,5	1	1	1,5	-	-	1,5
MATIÈRE ORGANIQUE								
Mat. org. tot. %	0,50	0,27	0,22			0,27		
Carbone %	0,29	0,16	0,13			0,16		
Azote total ‰	0,25	0,14	0,14			0,15		
C/N	11,60	11,40	9,30			10,60		
BASES ÉCHANGEABLES								
Ca mé %	1,40	0,90	1,20	1,00	1,90	0,35	0,30	1,45
Mg mé %	0,30	0,80	0,60	0,70	0,65	0,15	0,20	0,40
K mé %	0,15	0,30	0,35	0,30	0,45	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Na mé %	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
S mé %	1,85	2,00	2,15	2,00	3,00	0,50	0,50	1,85
STRUCTURE (IS (K cm/h)								
	0,62	1,02	1,75			0,38	0,93	1,72
						1,08	0,63	0,86
P2 05 total ‰								
	0,18	0,21	0,28					

7-4-3-2 - SOLS A CUIRASSE FERRUGINEUSE

Ces sols forment avec les précédents des taches peu étendues et très dispersées ceci dans la partie où dominant la cuirasse ferrugineuse et les sols peu évolués qui la recouvre. Sur ces sols plus profonds, la végétation est plus fournie et la savane arborée remplace les formations en flots qui se développaient dans les zones d'affleurements.

Le Profil A 21 a été pris à l'Est d'Abou Déia, sous végétation assez dense et variée : *Anogeissus leiocarpus*, *Tamarindus indica*, *Combretum sp.*, *Khaya senegalensis*, *Acacia ataxacantha*, *Albizzia Chevalieri*...

- 0 - 25 cm : horizon gris-beige sableux. Structure polyédrique fine à particulière. Peu compact. Cohésion faible
- 25 - 60 cm : horizon beige, sablo-argileux. Structure polyédrique moyenne. Compact. Cohésion assez forte
- 60 - 100 cm : horizon assez fortement concrétionné à liant argileux beige-brun à taches rouille. Compact. Très nombreuses concrétions mêlées de débris détritiques de roches
- 100 cm : cuirasse compacte prise en masse.

Dans le puits d'Agrep, proche de ce profil, la cuirasse ferrugineuse fait environ 2 m d'épaisseur et repose sur des dépôts grossiers arénacés. Elle est elle-même surmontée d'un sol identique au profil 21. La nappe phréatique est à 7,50 m.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols ont des propriétés analogues à celles des sols précédents.

On remarquera cependant l'augmentation brutale d'argile dans le niveau concrétionné. Le pourcentage d'argile est analogue à celui observé dans certaines cuirasses. On peut penser que la partie supérieure du profil est d'apport récent et se serait superposée à la cuirasse qui représenterait les vestiges d'un ancien sol tronqué.

On note, dans ce profil, une augmentation importante des taux de fer libre et de fer total en profondeur sans que le rapport $\frac{\text{Fer libre}}{\text{Fer total}} \%$ ne subisse de grande variation.

N°	Fer libre %	Fer total %	$\frac{\text{Fer libre}}{\text{Fer total}} \%$
211	0,16	0,18	89
212	0,24	0,26	92
213	0,57	0,57	100

L'instabilité structurale est élevée dans l'exemple donné et la perméabilité faible.

Les pH sont acides (5-5,5), les taux de matière organique et d'azote total faibles. Le complexe absorbant est peu pourvu en bases échangeables où Ca et Mg dominant. Les ions Na et K sont souvent inférieurs à 0,1 mé %.

Les taux de P2 O5 total sont faibles 0,1 ‰ en surface.

Utilisation

Ces sols, lorsqu'ils sont suffisamment épais, portent des cultures diverses, principalement de mil.

Sol ferrugineux tropical sur cuirasse ferrugineuse

A 21

Est d'Abou Déia

ÉCHANTILLONS	211	212	213
Profondeur en cm	0-20	40-60	90-100
pH	5,2	5,5	5,6
<u>GRANULOMÉTRIE</u>			
Terre fine %	100	88	33
Sable grossier %	53	46	33
Sable fin %	23	17	9
Limon grossier %	11	8	5
Limon fin %	8	7	6
Argile %	4	21	46
Humidité (105°) %	1	1,5	3
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>			
Mat. org. tot. %	0,50		
Carbone %	0,29		
Azote total ‰	0,24		
C/N	12,10		
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>			
Ca mé %	0,55	1,90	4,00
Mg mé %	0,15	0,50	1,40
K mé %	< 0,10	< 0,10	0,40
Na mé %	< 0,10	< 0,10	< 0,10
S mé %	0,70	2,40	5,80
<u>STRUCTURE</u> (IS (K cm/h)			
	1,92 0,44	5,28 1,00	3,43 1,00

7-5 - SOLS HYDROMORPHES

Ils sont caractérisés par un excès d'eau dû soit à un engorgement profond où d'ensemble, soit à une inondation temporaire, semi-permanente ou permanente.

Les sols que nous décrivons ci-dessous appartiennent à la sous-classe sols hydromorphes minéraux, c'est-à-dire que ce sont des sols qui ont des taux de matière organique inférieurs à 8 %.

Nous distinguerons différentes familles suivant la texture du matériau qui a donné naissance aux sols à l'intérieur du groupe des sols à pseudo-gley, principalement représentés ici.

7-5-1 - Sols à pseudo-Gley

Ils sont caractérisés par la présence d'un horizon à engorgement périodique où alternent des taches fortement colorées brun-rouille, rouille et des taches plus claires appauvries en fer. Il y a redistribution du fer dans le profil sans migration. Cette redistribution est généralement locale et s'effectue pendant la phase humide (réduction). A l'inverse, des phénomènes d'oxydation se produisent pendant la phase sèche.

Des phénomènes secondaires peuvent marquer également l'hydromorphie :

- changement de la structure du sol qui devient plus massive et grossière ;
- enrichissement en éléments échangeables des horizons atteints par l'hydromorphie

Enfin, on peut noter parfois des phénomènes de carbonatation, d'alcalisation, de salure qui font souvent de ces sols, des intergrades vers les sols halomorphes.

7-5-1-1 - SOLS SUR MATÉRIAU ARGILEUX LACUSTRE

Ils forment des taches réduites dans le Sud-Est de la feuille d'Abou Déia et correspondent à ceux de dépressions au milieu desquelles coulent les bahrs Aouis, Sakay et Djourf. Des marécages permanents existent là (Rahat Andouma, Rahat Bar...). Ils sont couverts soit par des eaux libres, soit dans les parties exondées temporairement par la végétation classique d'Andropogonées (*Hyparrhenia sp.*, *Cymbopogon sp.*...) accompagnées d'*Echinochloa stagnina* et *pyramidalis*, *Vetiveria nigriflora*. Ces dernières subissent une inondation variable de 4 à 8 mois.

Le Profil A 41 que nous décrivons a été pris dans la zone inondée par le bahr Sakay, au Nord de Ragana.

En surface, fentes de retrait descendant jusqu'à 80 cm.

- 0 - 5 cm : horizon argileux brun-noir à nombreuses traînées rouille le long des racines qui sont abondantes. Structure polyédrique moyenne. Compact. Cohésion faible car humide
- 5 - 100 cm : horizon argileux brun-noir à marbrures rouille, massif. Structure polyédrique moyenne. Très compact. Cohésion faible (humide)
Enracinement faible à partir de 15 cm.

Végétation graminéenne brûlée, quelques arbres : *Acacia Seyal*, *Acacia Steberiana*, *Balanites aegyptiaca*.

Ce type à pseudo-Gley voisine avec des types à Gley plus ou moins profonds suivant que l'on s'éloigne ou se rapproche de la partie en eau de façon permanente.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont très argileux (70 à 75 % d'éléments inférieurs à 2 μ), contiennent 10 à 15 % de limons fins et peu de sable grossier.

La structure est grossière, massive, polyédrique moyenne dans le cas présent où les horizons sont encore humides. L'instabilité structurale est élevée, souvent supérieure à 3, la perméabilité faible.

Les taux de matière organique pour les exemples que nous possédons sont compris entre 1 et 1,5 %, ceux d'azote total entre 0,6 et 0,75 % . Les rapports C/N sont voisins de 10.

Les pH sont acides (5) ou faiblement acides (6,8) en surface et se relèvent en profondeur (7-7,5).

Le complexe absorbant est bien pourvu en éléments échangeables avec dominance des ions Ca (15 à 20 mé %) et Mg (6 à 8 mé %). L'ion K a de bonnes valeurs (0,6 à 1,7 mé %) les taux les plus élevés se situant en surface. L'ion Na, à l'inverse, est plus abondant en profondeur (1 à 2 mé %).

Les taux de P2 O5 total sont faibles de l'ordre de 0,2 % en surface.

Utilisation

Ces terres sont incultes et servent de lieux de pâturages à un abondant cheptel bovin attiré par les importantes mares. C'est également le lieu de rendez-vous de la faune sauvage en pleine saison sèche.

Sol hydromorphe minéral à pseudo-gley
sur matériau argileux lacustre
Sol hydromorphe minéral à pseudo-gley
sur cuirasse ferrugineuse

A 41

A 19

Nord de
Ragana

Nord de
Foulounga

ÉCHANTILLONS	411	412	191	192	
Profondeur en cm	0-20	80-100	0-20	50-60	
pH	6,8	7,3	7,5	5,9	
GRANULOMÉTRIE					
Terre fine	%	91	100	83	64
Sable grossier	%	6	6	43	30
Sable fin	%	4	3	19	11
Limon grossier	%	4	5	10	7
Limon fin	%	10	10	9	6
Argile	%	70	70	18	43
Humidité (105°)	%	6	6	1	3
CO ₃ Ca	%	traces	traces		
MATIÈRE ORGANIQUE					
Mat. org. tot.	%	1,13		1,36	
Carbone	%	0,66		0,79	
Azote total	%	0,61		0,54	
C/N		10,80		14,60	
BASES ÉCHANGEABLES					
Ca mé	%	17	21,20	4,55	4,80
Mg mé	%	7,90	6,10	2,80	3,35
K mé	%	1,70	0,90	0,90	0,25
Na mé	%	0,70	2,60	<0,10	0,15
S mé	%	27,30	30,80	8,25	8,55
STRUCTURE					
(IS		3,79	7,26	4,15	3,35
(K cm/h		0,30	0,09	0,91	3,49

7-5-1-2 - SOLS SUR CUIRASSE FERRUGINEUSE

Ils forment avec d'autres sols sur cuirasse ferrugineuse (sols peu évolués, sols ferrugineux tropicaux) l'important complexe qui couvre les 2/3 de la feuille d'Abou Déia et une plus faible partie de celle de Mangalmé.

Les sols de ce complexe sont, assez souvent, hydromorphes et assez peu épais. Ils reposent sur la cuirasse qui forme un niveau imperméable. Localisés dans des dépressions à peine marquées, des zones de collature, ces cuirasses ont été fortement enrichies en fer par lessivage oblique et cet enrichissement n'a fait qu'accentuer l'imperméabilité du matériau sous-jacent.

Ils portent des savanes en flots denses (*Albizzia Chevalieri*, *Dichro- tachys glomerata*, *Dalbergia melanoxylon*... ou des formations clairsemées qui rappellent celles des sols halomorphes ("naga") comme c'est le cas dans le profil ci-dessous.

Profil A 19, Nord de Foulounga. Ancien lieu de pacage du bétail.

- 0 - 10 cm : horizon gris sableux à sablo-argileux. Structure polyédrique moyenne à forte. Compact. Cohésion forte
- 10 - 70 cm : horizon argileux assez graveleux (arène grossière et gravillons ferrugineux), ocre à traînées rouille nombreuses. Structure polyédrique moyenne. Compacité moins forte. Faible cohésion. Humide
- 70... cm : cuirasse ferrugineuse compacte.

Ce type à horizon argileux au contact de la cuirasse est le plus fréquent.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont généralement sableux à sablo-argileux en surface (5 à 20 % d'argile), argilo-sableux à argileux en profondeur (35 à 45 %). Cet horizon est souvent graveleux par la présence d'éléments détritiques de roches ou de gravillons ferrugineux.

La structure est grossière (polyédrique moyenne à forte dans les horizons profonds). L'instabilité structurale est assez marquée. La perméabilité mauvaise en surface, inférieure à 1 cm/h, est généralement meilleure en profondeur dans l'horizon précédant la cuirasse.

Les taux de matière organique sont plus élevés que dans les autres sols sur cuirasse. Ils sont compris en moyenne entre 1 et 1,5 %. Ceux d'azote total varient entre 0,5 et 0,7 %.

Les pH sont, dans leur ensemble, très bas (5 - 5,5) et ont tendance à décroître en profondeur.

Les bases échangeables sont en quantité assez faible même dans les horizons les plus argileux. Si Ca et Mg sont en proportion importante, K est très variable parfois inférieur à 0,1 mé %, Na est généralement très faible.

Les taux de P2 O5 total sont faibles.

Utilisation

Ces sols sont souvent incultes comme les sols peu évolués sur cuirasse ferrugineuse.

7-5-1-3 - SOLS SUR ALLUVIONS FLUVIATILES RÉCENTES

Ils occupent des surfaces restreintes le long des principaux cours d'eau dont ils constituent les bourrelets ou des terrasses plus ou moins inondées (bahrs Djourf, Sakay, Aouis... feuille d'Abou Déia ; ouadis Mourmo Darangé, Abourégé, Daboug... feuille de Mangalmé).

Ils forment un complexe alluvial avec des sols peu évolués, des vertisols, des sols halomorphes et, de ce fait, n'occupent pas de grandes étendues mais de multiples taches.

Dans les parties inondées, ils portent une prairie d'Andropogonées tandis que les bourrelets, à l'abri de l'inondation, sont diversement boisés en fonction de la texture :

- sur les sols sableux, sablo-limoneux savane arborée plus ou moins dense dans le Sud (*Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiaca*, *Bauhinia reticulata*...), savane arbustive clairsemée au Nord (*Acacia senegal*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*...)
- sur les sols argileux, argilo-limoneux dans le Sud et également au Nord, formation végétale variable en densité tendant vers la savane armée (*Acacia Seyal*, *Balanites aegyptiaca*...)

La texture de ces sols est en effet très diverse, leur point commun est la relative jeunesse du matériau sur lequel ils se sont formés.

Le Profil A 36 a été prélevé sur l'un des bourrelets du Bahr Djourf, au Nord-Ouest de Délefa, sous végétation assez dense de : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Seyal*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Ziziphus mauritiaca*, quelques *Lanea humilis*... Ils s'agit d'un sol argilo-limoneux à taches ferrugineuses, sur sable. En surface, réseau dense de petites fentes de retrait.

- 0 - 15 cm : horizon gris-brun, argilo-limoneux. Structure polyédrique assez grossière. Compact. Cohésion moyenne
- 15 - 80 cm : horizon brun-beige à taches rouille assez nombreuses, argilo-sableux. Structure polyédrique moyenne. Compact. A cohésion faible car humide. Fentes de retrait descendant jusque dans cet horizon.
- 80 - 140 cm : horizon sableux beige à taches jaunâtres, particulière.

Le Profil A 24 a été pris au Nord d'Abou-Déïa au pied de l'Hadjer Abirt dans une dépression qui sert de jardin au sous-préfet. Plantation de petit mil. Il s'agit d'un profil à stratifications complexes (limon argileux, sable, argile limoneuse), à taches ferrugineuses.

- 0 - 25 cm : horizon noir argilo-limoneux à petites traînées rouille le long des racines. Structure polyédrique moyenne à forte. Compact. Humide
- 25 - 60 cm : horizon passant progressivement à brun-beige, argilo-sableux avec encore une forte proportion de limon. Structure identique à l'horizon ci-dessus.
- 60 - 65 cm : horizon sableux particulière beige
- 65 - 110 cm : horizon argileux noir bleuté. Compact. Humide et plastique.

Le dernier profil a été pris dans la partie nord de la feuille de Mangalmé sur un bourrelet à végétation clairsemée de *Balanites aegyptiaca*. Les sols, d'une façon générale, sont ici plus sableux et à marbrures jaunes ou rouille.

Profil M 41

- 0 - 40 cm : horizon gris sableux. Structure fondue à tendance polyédrique. Compacité et cohésion moyenne à faible
- 40 - 150 cm : horizon sableux beige à marbrures brun-jaune à brun-rouille. Structure polyédrique fine. Compacité et cohésion assez faibles
- 150 - 200 cm : horizon sableux blanc-jaune, particulière
- 200 cm : nappe phréatique dans des sables grossiers arénacés.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols ont des textures très diverses où dominent des pourcentages importants de limon ou de sables fins micacés. La texture limono-argileuse, argilo-limoneuse est la plus courante dans la partie sud (bassin du bahr Salamat). A l'inverse, la texture sableuse souvent grossière domine dans la partie nord (bassin du Batha).

La structure est de type polyédrique moyen à grossier dans le premier cas où les sols ont une compacité et une cohésion assez fortes, une instabilité structurale élevée et une faible perméabilité. Dans le second, la structure est fondue ou polyédrique fine ; la cohésion, la compacité faibles, l'instabilité structurale peu élevée et la perméabilité grande.

Les pH sont généralement faiblement acides (6 - 6,5) sur les bourrelets où ils tendent à se relever en profondeur en même temps que vont augmenter les taux de sodium. Ils sont plus acides dans les dépressions (5 - 5,5).

Les taux de matière organique sont variables, souvent inférieurs à 1 % dans les sols sableux, sablo-limoneux (Azote total 0,3 - 0,4‰). supérieurs à 1 % et 1,5 % dans les sols plus argileux (Azote total 0,7 - 0,9‰).

Le complexe absorbant subit des variations également fonction de la texture. Il est très médiocrement pourvu dans les sols sableux où Ca et Mg dominent tandis que K est souvent de 0,2 - 0,1 ou même inférieur à 0,1 mé %. L'ion Na est peu représenté dans ces sols perméables (inférieur à 0,1 mé %).

En sols plus argileux, l'ion Ca domine très largement (10 à 20 mé %) suivi de Mg (5 à 10 mé %). K est mieux représenté mais très variable (0,4 - 0,8 - 1 mé %). Na commence à apparaître en quantité non négligeable et certains de ces sols sont déjà des intergrades vers les sols halomorphes.

Les taux de P2 O5 total enregistrés sont aussi divers : si quelques uns sont corrects, d'autres sont très faibles (0,9 - 0,6 - 0,4 - 0,3 - 0,1‰).

Utilisation

Ces sols très recherchés, à l'exception de ceux subissant une inondation importante, sont soit en cultures, soit en jachères. Ils sont diversément cultivés en fonction de la position topographique et de la texture :

- arachide, petit mil dans les parties hautes les moins argileuses et coton dans le Sud ;
- mil de saison des pluies sur des sols limono-argileux, argilo-limoneux exondés ;
- mil tardif repiqué sur les sols argilo-limoneux inondés.

7-5-1-4 - SOLS SUR MATÉRIAU ARGILO-SABLEUX DES "REGS"

Ils se localisent principalement dans le voisinage des massifs et forment un complexe de sols de piedmont avec les sols minéraux bruts et les sols peu évolués d'érosion ou d'apport. Ces sols, d'autre part, sont toujours associés étroitement aux sols halomorphes. Ils vont donc apparaître comme très morcelés au contact des massifs d'Abou Déia, Mangalmé... Par contre, ils vont constituer un grand ensemble dans l'Ouest et le Nord de la feuille de Mangalmé. Dans cette partie, si le socle affleure en massifs moins importants, les multiples inselbergs dénoncent sa présence proche.

Ces sols argilo-sableux se situent généralement à la limite extrême du glacis, dans sa zone de contact avec la dépression occupée par des vertisols. Côté massif, lorsque la pente est assez marquée, l'on passe à des sols peu évolués d'érosion ou d'apport, des sols ferrugineux tropicaux... enfin aux sols minéraux bruts.

Ils portent une végétation très clairsemée, peu variée ; *Acacia Seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*... Le tapis graminéen est assez ras, souvent composé de *Schoenefeldia gracilis*.

Ils sont sujets à une érosion en nappe et leur surface dénudée est parsemée de gravillons ferrugineux ou de cailloutis quartzeux roulés qui forment des placages discontinus. Souvent placés au voisinage de dépressions inondées chaque année en saison des pluies, des phénomènes de remontée des solutions du sol y sont fréquents et les horizons de certains profils contiennent de faibles quantités de sels solubles ou un complexe absorbant déjà enrichi en sodium.

Nous décrivons 3 de ces profils : l'un est un type normal (Profil M 55), le second présente un abondant pseudo-mycélium (Profil M 87), le troisième des nodules calcaires (Profil M 45).

Le Profil M 55 a été prélevé au Nord de Dabazin sous végétation classique clairsemée : *Acacia Seyal*, *Balanites aegyptiaca*, tapis de *Schoenefeldia gracilis*.

Epandage en surface d'un cailloutis quartzeux très irrégulier

- 0 - 25 cm : horizon gris-brun sableux. Structure fondue à tendance polyédrique. Compact.
- 25 - 50 cm : horizon brun argilo-sableux. Structure polyédrique moyenne. Très compact. à forte cohésion. Enracinement faible
- 50 - 140 cm : horizon brun rougeâtre, très marbré de rouille et blanc. Structure polyédrique moyenne jusqu'à 110, puis plus massive. Très compact. Forte cohésion. Petits gravillons ferrugineux noirâtres.

Très légères fentes de retrait à partir de 25 cm, descendant jusqu'à 50 cm.

Le Profil M 87 pris près de Kouka Marnié dans une région relativement accidentée, présente en profondeur un abondant pseudo-mycelium.

Végétation classique : *Balanites aegyptiaca*, clairsemée. Topographie plane ou de pente très légère, l'érosion a parfois profondément entaillé ces surfaces qui apparaissent en voie de démantèlement dans cette partie voisine du socle.

- 0 - 20 cm : horizon gris-noir argilo-sableux. Structure polyédrique moyenne. Très compact. Forte cohésion.
- 20 - 120 cm : horizon noirâtre à marbrures rouille, argileux. Pseudo-mycelium abondant à partir de 60 cm. Structure polyédrique grossière. Fortes compacité et cohésion.

On remarquera ici l'absence de l'horizon sableux superficiel. En surface on observe une pellicule noirâtre de quelques millimètres se desquamant et des plages discontinues de cailloux quartzeux et gravillons ferrugineux.

Le Profil M 45 est celui d'un sol argilo-sableux présentant quelques rares nodules calcaires en profondeur. Il est localisé au Nord de Dabazin dans une zone basse, plus boisée que les sols avoisinants du même type. On y observe : *Acacia Seyal*, *Acacia senegal*, *Anogeissus leiocarpus*...

- 0 - 15 cm : horizon gris-noir argilo-sableux. Structure polyédrique moyenne. Très compact. Cohésion forte. Légères ségrégations du fer le long des racines. Fentes de retrait à peine dessinées en surface.
- 15 - 100 cm : horizon brun-noir à taches rouille plus ou moins bien marquées, argilo-sableux. Structure massive, polyédrique grossière. Fortes cohésion et compacité. Quelques nodules calcaires très dispersés dans cet horizon.

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols, argilo-sableux ou argileux dans leurs horizons profonds, présentent souvent un horizon superficiel à texture sableuse, épais de quelques centimètres mais pouvant atteindre 20 à 25 cm.

Cet horizon superficiel contient de 3 à 15 % d'argile, un pourcentage variable de limon (2 à 12 %), une proportion élevée de sables grossiers (45 à 75 %) composés d'éléments quartzeux et feldspathiques. Cet horizon est lui-même recouvert, par places, de cailloutis quartzeux roulé, de placages de gravillons ferrugineux.

L'horizon sous-jacent est argilo-sableux à argileux et contient de 30 à 45 % d'argile, une proportion de limon variant de 8 à 15 %, des sables grossiers (20 à 30 %). On peut observer dans cet horizon, un pseudo-mycelium en partie calcaire ou des nodules calcaires.

Ce dernier horizon a une structure superficiellement cubique, polyédrique grossière plus massive en profondeur, une cohésion et compacité fortes. L'instabilité structurale est assez élevée et croît avec la profondeur. La perméabilité est faible à très faible.

Les pH de ces sols sont acides (5,5 - 6) en surface, neutres ou alcalins en profondeur (7 - 8,5) lorsque s'observent le pseudo-mycélium et des taux relativement élevés de Na échangeable.

Ces sols ont des teneurs en matière organique relativement élevées (1 à 1,5 %) ainsi qu'en azote total (0,4 à 0,7 ‰).

Ils sont bien pourvus en éléments échangeables : Ca est abondant dans un complexe souvent saturé (15 à 30 mé %) Mg 3 à 5 mé %, K prend des valeurs variables (0,2 à 0,6 - 0,7 mé %), Na est divers mais parfois élevé dans les horizons profonds (1 à 2 mé %) et les rapports Na/Ca échangeables % tendent vers le seuil de 15 pris comme limite arbitraire séparant sols normaux de sols à alcalis.

Les sels solubles peuvent exister en faible quantité. Ce sont des bicarbonates, carbonates ou sulfates de sodium.

Les taux de P2 O5 total sont faibles 0,1 - 0,15 ‰ .

Utilisation

Ces sols peu perméables, à très mauvaise structure, sur lesquels l'eau des précipitations ruisselle, sont incultes.

Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley
sur matériau argilo-sableux de "regs"

M 55
Nord de Dabazin

M 87
Près de
Kouka Marnié

M 45
Nord de
Dabazin

ÉCHANTILLONS	551	552	553	554	871	872	451	452
Profondeur en cm	0-20	20-40	60-80	140-160	0-20	120-140	0-20	70-90
pH H ₂ O	6,3	5,5	5,5	6,2	6,5	8,3	7,8	8,1
pH KCℓ N	5,3	4,2	3,9	4,5	5	6,7	6,4	6,7
GRANULOMÉTRIE								
Terre fine %	98	89	96	98	91	94	100	98
Sable grossier %	58	35	30	29	34	26	25	19
Sable fin %	19	14	14	13	14	12	25	19
Limon grossier %	6	6	7	7	8	8	8	8
Limon fin %	8	8	9	10	10	12	8	10
Argile %	8	35	37	38	30	38	31	40
Humidité (105°)	1	3	3	3	4	4,5	3,5	4
C03 Ca %							-	traces
MATIÈRE ORGANIQUE								
Mat. org. tot. %	1,39				1,44		1,01	
Carbone %	0,81				0,84		0,59	
Azote total ‰	0,61				0,72		0,50	
C/N	13,30				11,70		11,80	
BASES ÉCHANGEABLES								
Ca mé %	3,30	7,25	7,5	8,55	18,85	30,60	21,50	29,90
Mg mé %	1,55	4,05	3,9	4,70	4,85	4,05	6,80	8,00
K mé %	0,30	0,40	0,40	0,30	0,45	0,40	0,30	0,45
Na mé %	0,15	0,20	0,40	0,45	0,80	1,80	0,30	0,85
S mé %	5,30	11,90	12,20	14,00	24,95	36,85	28,90	39,20
STRUCTURE (IS (K cm/h								
	4,15	7,36	5,63	9,44	1,51	3,09	1,86	3,31
	1,00	0,18	0,87	0,35	0,94	0,60	1,13	0,92
P2 05 total ‰	0,15							

7-6 - SOLS HALOMORPHES

Ils sont rarement observés sur la feuille d'Abou Déia si ce n'est par taches dans le glacis qui entoure les massifs d'Abou Déia et de l'Abou Telfan. On va les retrouver également en surfaces peu étendues dans le coin sud-est de cette feuille, sur les bourrelets des bahrs Djourf et Borh. Sur celle de Mangalmé, à l'inverse, ils occupent de vastes surfaces se mêlant aux sols hydromorphes précédents tant sur le plateau lui-même que le long des cours d'eau.

L'halomorphie va se traduire dans ces sols :

- par une structure dégradée très compacte, souvent massive, polyédrique moyenne à fine mais où la cohésion des éléments structuraux est faible, ceux-ci se délitant en petits polyédres.

La perméabilité de ces horizons à alcalis est très faible à nulle ;

- par un pseudo-mycelium où s'observent sels solubles et CO_3 Ca

Cette halomorphie se lie à des caractères très marqués d'hydromorphie (taches rouille ou marbrures dans l'ensemble du profil, parfois concrétions ferrugineuses).

Les sels solubles dans ces régions ne sont jamais très abondants et la limite de 4 millimhos (conductivité de l'extrait de saturation d'une pâte de sol portée au double de l'humidité équivalente) séparant sols normaux de sols salés n'est jamais atteinte. On obtient généralement 1 - 2 millimhos. Il s'agit de sols à alcalis que nous avons ainsi définis lorsque le rapport Na/Ca échangeables dépassait 15 %.

Certains sols font parfois penser à des solonetz (10) ou solonetz solodisés (5). En effet, l'examen morphologique du profil révèle : un horizon A_1 humifère très peu développé, un horizon A_2 de couleur claire, tous deux de texture sableuse, épais de 5 à 20 cm.

En-dessous s'observe un horizon cubique ou en colonnettes suivant la forme plus ou moins arrondie des sommets, sur une vingtaine de centimètres. Celui-ci est :

- fortement blanchi au sommet
- coloré par les hydroxydes ensuite } B_1 sableux

Puis vient un horizon argilo-sableux à taches rouille d'hydromorphie, pseudo-mycelium, parfois nodules calcaires. La structure est ici polyédrique (B_2).

L'apparition des horizons A_2 B_1 marque la transition du solonetz vers le solonetz solodisé.

Les horizons A_1 , A_2 , B_1 sont considérés comme lessivés en argile et en sels solubles ; l'horizon B_2 représente l'horizon d'accumulation de ces mêmes éléments.

Nous verrions plutôt, quant à nous, dans les horizons A_1 et A_2 et même B_1 soit un dépôt sédimentaire différent d'origine colluviale ou alluviale, soit le résultat d'un lessivage oblique superficiel.

L'examen sédimentologique de la partie supérieure de ces profils révèle une fraction sableuse grossière (médiane 0,2 à 0,3 mm) très mal triée (hétérométrie comprise entre 1,1 et 1,3). La courbe de fréquence indique que l'on a à faire à un sédiment ruisselé. L'examen morphoscopique montre fréquemment une prédominance de quartz éolisés.

(1)	NU	SAL	EL	RM	feldspath
11	8	25	2	21 + 44	1 %
21	53	25	-	8 + 14	18 %
31	22	35	-	24 + 19	3 %

Les sables des horizons profonds argilo-sableux ont également une forte proportion de ronds mats. Leurs courbes de fréquence sont aussi très étalées à plusieurs maxima (sédiment ruisselé) tandis que les courbes de la fraction argileuse sont souvent de type hyperbolique (14) (sédiment déposé par décantation).

Les sables de ces horizons argilo-sableux correspondraient à des dépôts d'origine fluviatile arrachés aux massifs voisins et déposés après un transport plus ou moins long dans des cuvettes inondées périodiquement ou de façon permanente. Cette dernière hypothèse est vérifiée par la présence de quelques diatomées trouvées dans ces sédiments.

La présence de sable éolisé plus ou moins repris par l'eau dans ces horizons profonds, ne saurait surprendre. Nous savons qu'au voisinage des massifs du Ouaddaï ou dans l'intérieur existent des ensembles sableux qui ont été remaniés par les vents très anciennement.

Pour l'horizon de surface, on peut admettre également une éolisation ancienne des quartz suivie d'une reprise par l'eau. Ces deux phénomènes jouant de nos jours consécutivement (éolisation en saison sèche, ruissellement de saison des pluies).

L'origine lacustre ou marécageuse de ces formations expliquerait ainsi la présence de concentration faiblement importante de sels solubles en liaison avec des phénomènes de remontée ainsi que l'on peut les observer autour des lacs actuels (Lacs Tchad, Fitri). G. C. Lewis, M. A. Fosberg (6) ont par ailleurs démontré, à l'aide de soufre radioactif employé comme traceur, que l'eau se déplace de sols associés vers les solonetz. On constate dans les horizons B de ces sols un déficit d'humidité qui provoque un déplacement de l'eau des sols avoisinants plus perméables. Ce type de déplacement permet d'augmenter la concentration en éléments solubles ($\text{CO}_3 \text{Na}_2$ - $\text{SO}_4 \text{Na}_2$) dans les solonetz par un apport de sels provenant des sols associés.

(1) NU : Non usés SAL : Subanguleux luisants
 EL : émoussés luisants RM : rond mats repris ou non par l'eau

L'alcalisation serait un phénomène secondaire suivant le processus :



On observe, en effet, dans certains sols halomorphes des phénomènes de remplacement qui s'opèrent. Dans un même profil relativement homogène en même temps que croît l'alcalisation, les taux de Na échangeable augmentent tandis que ceux de Ca diminuent et qu'apparaissent de petits amas calcaires.

Il est évident que la présence de feldspaths calco-alcalins peut être aussi une des sources d'enrichissement du milieu en ion Na.

Les sols que nous décrirons ci-après ne présentent pas ici typiquement les caractères chimiques des sols à alcalis, notamment en ce qui concerne les rapports Na/Ca échangeables ‰ ou Na/S.

Nous distinguerons en suivant :

- des sols à structure modifiée à tendance à alcalis
 - sols sur alluvions récentes
 - sols sur matériau argilo-sableux des "regs" (lessivés à alcalis : solonetz - solonetz solodisé)

Ces deux sols portent une végétation très clairsemée qui est celle des "nagas". On y observe : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Seyal*... accompagnés d'un tapis ras et discontinu de *Schoenefeldia gracilis*.

7-6-1 - Sols sur alluvions fluviales récentes

Le Profil M 75 a été prélevé au Sud d'Am Khoumi sur la feuille de Mangalmé sous végétation clairsemée classique.

- 0 - 25 cm : horizon argilo-limoneux brun. Structure polyédrique grossière. Très compact, et forte cohésion. Légères ségrégations du fer sous forme de taches rouille diffuses
- 25 - 100 cm : horizon brun de texture identique, plus massif. Forte compacité. Structure polyédrique plus fine. Cohésion faible des éléments structuraux qui se délitent en petits polyèdres. Nombreuses taches rouille d'hydromorphie. Pseudomycelium à partir de 70 cm.

Ces sols peuvent présenter, superficiellement, un horizon sableux, sablo-limoneux de faible épaisseur plus ou moins blanchi qui fait penser à une évolution vers les solonetz solodisés.

Ils sont de texture diverse : limono-argileuse argilo-limoneuse sur les bourrelets des bahrs Djourf et Borh, plus sableuse dans le Nord et l'Ouest de la feuille de Mangalmé.

Leurs caractères communs sont l'hydromorphie (taches rouille plus ou moins nombreuses), la présence d'un pseudo-mycelium, la structure polyédrique fine de l'horizon profond très compact. à faible cohésion.

Les horizons supérieurs sont légèrement acides (6 - 6,5), les horizons inférieurs déjà alcalins (8 - 8,5).

Les taux de matière organique sont très variables 0,7 à 2 % pour les exemples que nous possédons, ceux d'azote total compris entre 0,4 et 1‰.

Le complexe absorbant est pratiquement saturé. Les ions Ca et Mg sont abondants. K a des valeurs comprises entre 0,4 et 0,8 mé % ; Na croît rapidement avec la profondeur mais les rapports Na/Ca échangeables % sont assez peu élevés et n'atteignent que difficilement 15.

Les sels solubles sont en faibles quantités. Voici, pour le profil M36, les résultats obtenus ;

N°	361	362
Ca mé %	1,0	1,0
Mg	1,3	0,6
K	0,2	0,2
Na	0,7	2,2
S	3,2	4,0
C03 mé %	0,0	0,0
C03 H	1,2	2,8
S04	1,5	1,2
Cl	0,0	0,2
S	2,7	4,2

La conductivité de l'extrait de saturation est inférieur à 4 millimhos (361 : 1,4 ; 362 : 2,1).

Ces sols sont, le plus souvent, incultes.

Sols halomorphes à alcalis
sur alluvions fluviatiles récentes
Sols halomorphes lessivés à alcalis - Solonetz,
Solonetz solodisés

M 75 M 57 A 10 M 83
Sud d'Am Est de Sud de Sud de Kouka
Khoumi Ramo Karkagné Marnié

ÉCHANTILLONS	751	752	571	572	101	102	831	832
Profondeur en cm	0-20	130-150	0-20	50-70	0-15	80-90	0-10	40-60
pH H ₂ O	6,3	8,6	6,5	8,7	7,2	8,7	6,2	7,9
pH KCℓN	5,1	7	4,9	7,1			5	6,1
GRANULOMÉTRIE								
Terre fine %	100	97			70	71		
Sable grossier %	4	22	55	31	30	20	47	28
Sable fin %	20	17	12	15	18	16	21	13
Limon grossier %	26	10	4	6	11	10	10	9
Limon fin %	16	13	7	8	10	11	9	10
Argile %	32	36	19	37	29	40	12	37
Humidité (105°) %	3	3,5	1,5	3	2,5	3,5	1	4
C03 Ca %	traces	0,9			traces	0,5	-	-
MATIÈRE ORGANIQUE								
Mat. org. tot. %	1,35		1,20		1,38		1,79	
Carbone %	0,79		0,70		0,80		1,04	
Azote total ‰	0,71		0,72		0,68		0,75	
C/N	11,10		9,70		11,80		13,80	
BASES ÉCHANGEABLES								
Ca mé %	17,00	-	4,20	11,55	7,00	18,15	5,95	21,75
Mg mé %	6,90	5,60	3,00	6,25	4,45	4,30	1,65	3,55
K mé %	0,65	0,45	0,30	0,30	0,25	0,90	0,40	0,45
Na mé %	0,25	3,20	0,60	2,80	2,00	4,00	0,30	2,45
S mé %	24,80	-	8,10	20,90	13,70	27,35	8,30	28,20
Na/Ca échangeable %			14,30	24,25	28,60	22,00		11,20
Na/S échangeable %			7,40	13,40	14,60	14,60		8,70
SELS SOLUBLES								
Ca mé %				1,00				
Mg mé %				1,30				
K mé %				0,30				
Na mé %				2,70				
TOTAL				5,30				
C03 mé %				-				
C03H mé %				3,60				
S04 mé %				0,80				
Cl mé %				-				
TOTAL				4,40				
EXTRAIT DE SAT.								
C à 25°				1,80		3,07		
STRUCTURE (IS (K cm/h								
	8,37 0,51	9,70 0,21	3,35 0,30	6,66 0,37	2,98 0,30	6,81 1,07	2,98 0,76	6,56 0,28

7-6-2 - Sols sur matériau argilo-sableux des "regs"

Nous avons déjà parlé de ceux-ci au chapitre des sols hydromorphes. Ce sont des types très voisins que nous décrirons. Si, morphologiquement, ils sont semblables, ils s'en différencient cependant par des quantités de sodium échangeable plus importantes alors que les sols hydromorphes cités précédemment n'avaient qu'une tendance plus ou moins marquée vers l'halomorphie.

Disons tout de suite, que sur une vingtaine de profils analysés, très peu (3) répondent aux normes définies auparavant, à savoir un rapport Na/Ca échangeables % supérieur à 15 ou un rapport Na/S échangeables % supérieur à 12. Quatre ont des rapports Na/Ca échangeables % compris entre 10 et 15, le reste des profils a des rapports inférieurs à 10.

Le Profil M 57 que nous donnons a été pris près de Ramo sous végétation graminéenne de *Schoenefeldia gracilis* qu'accompagnaient quelques rares *Acacia Seyal*.

- 0 - 20 cm : horizon sablo-argileux brun à taches rouille. Très compact. A forte cohésion. Fine pellicule sableuse grossière en surface.
- 20 - 90 cm : horizon brun également à taches rouille, argilo-sableux, massif, très compact. Cohésion moyenne à faible. Structure polyédrique grossière.
Présence d'un léger pseudo-mycélium à partir de 40 cm.

Nous donnerons un second provil prélevé dans le glacis du massif de l'Abou Telfan, au Sud de Karkagné.

Profil A 10 sous végétation clairsemée habituelle.

- 0 - 15 cm : horizon sableux à sablo-argileux gris-beige. Structure polyédrique moyenne. Compact. Cohésion faible
- 15 - 90 cm : horizon brun-noir à taches rouille, argileux. Structure polyédrique moyenne. Très compact. Cohésion moyenne.
Pseudo-mycélium à partir de 40.

Enfin, nous citerons le Profil M 83 qui, bien que présentant un rapport Na/Ca échangeables % assez faible (11,2) et un rapport Na/S de 8,7 possède les caractères morphologiques des solonetz faiblement solodisés.

- 0 - 10 cm : horizon beige très superficiellement gris-beige, sableux. Structure fondue tendance particulière. Cohésion faible
- 10 - 20 cm : horizon beige clair sableux à sablo-argileux. Très compact. A forte cohésion. Structure à tendance cubique marquée par de fines fentes de retrait

20 - 80 cm : horizon gris-brun clair à taches rouille argilo-sableux.
Très compact. Cohésion moyenne. Léger pseudo-mycelium
à partir de 40 cm.

Végétation clairsemée typique avec des essences plus variées.
Albizzia Chevalieri, *Dichrostachys glomerata*, *Acacia senegal*, *Lannea humilis*, *Sclerocarya Birrea*, *Bauhinia reticulata*.

Ces sols présentent des caractères identiques aux sols précédemment décrits : taux de matière organique, d'azote total, de bases échangeables, de sels solubles, de conductivité de l'extrait de saturation...

Ils sont généralement incultes.

8 - LES GRANDES RÉGIONS

Nous distinguerons, à l'intérieur des feuilles de Mangalmé et Abou Déia, 4 régions pédologiques qui forment des unités distinctes. Ce sont :

1°) Les affleurements du socle (massifs d'Abou Déia, de l'Abou Telfan et la transversale rocheuse Sud-Ouest Nord-Est de la feuille de Mangalmé).

2°) Les affleurements de cuirasses ferrugineuses (majeure partie de la feuille d'Abou Déia et Sud-Est de celle de Mangalmé) ;

3°) Le couloir alluvial du Bahr Djourf ;

4°) Les bassins des affluents de la rive gauche du Batha

Ces unités sont d'ordre pédologique et géomorphologique et rappellent le passé plus ou moins ancien de cette région.

8-1 - LES AFFLEUREMENTS DU SOCLE

Ils occupent des surfaces assez restreintes sur la feuille d'Abou Déia où ils sont situés dans la partie ouest. Ce sont les massifs d'Abou Déia (Hadjer Abirt, Aptom, Madamba, Bolyoto, Leben...) qui rejoignent, au Nord-Ouest, les prolongements de l'Abou Telfan et coupent la feuille de Mangalmé suivant une diagonale Sud-Ouest Nord-Est en passant par les pointements de Mangalmé.

Il s'agit de formations granitiques en bombements importants, d'une altitude pouvant atteindre plus de 900 m ou de dykes orientés Sud-Est Nord-Ouest (microgranites, rhyolites...) d'altitude moindre.

Les premiers constituent des massifs aux formes arrondies où de rares arbres s'accrochent aux pentes (*Boswellia Dalzielii*, *Sterculia tomentosa*...). Autour de ces massifs, se développe un glacis de plus ou moins vaste étendue où alternent les sols les plus divers formant une mosaïque complexe. On y observe :

- des roches et débris de roches

- des sols peu évolués qui sont constitués de colluvions arénacées rougeâtres peu épaisses (30 à 50 cm) reposant sur des arènes très grossières à marbrures noires et rouges très compactes (Profil M 29).

Ce même type de sol se note également sur cuirasse ferrugineuse détritique plus ou moins consolidée, composée de débris de roches et de concrétions ferrugineuses reposant elle-même parfois sur la roche granitique en décomposition (Profils A 12 - M 11). La cuirasse affleure par places se mêlant aux affleurements du socle encore nombreux.

La végétation est celle d'une savane clairsemée où se voient : *Boswellia Dalzielii*, *Sterculia tomentosa*, *Albizzia Chevalieri*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Tamarindus indica*, *Ziziphus mauritiaca*, *Sclerocarya Birrea*, *Gardenia sp...*

On note également des colluvions arénacées souvent très grossières mais plus profondes qui reposent à plus de 100 cm sur le granite altéré (Profil A 4).

- des sols hydromorphes minéraux à pseudo-Gley, à taches et rares concrétions ferrugineuses, de texture argilo-sableuse ou argileuse souvent à couverture sableuse superficielle. Ils occupent les surfaces planes du glacis et portent parfois des cultures de mil lorsqu'un horizon sableux, plus meuble, est assez épais (Profils A 16 - M 77).

On observe, dans les jachères récentes : *Pennisetum polystachion*, *Ctenium elegans*, *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiaca*,... accompagnés d'arbres laissés lors du défrichement : *Balanites aegyptiaca*, *Tamarindus indica*, *Acacia senegal*...

Non cultivés, ils portent une savane arborée peu dense (Profil A 14) qui devient parfois très claire, rappelant déjà la "naga" sur des sols où les taux de sodium sont encore faibles (Profil A 1).

- des sols halomorphes s'observent par taches. Il s'agit généralement de sols formés sur alluvions fluviales récentes. Ils portent la végétation très clairsemée classique à *Lansea humilis*, *Balanites aegyptiaca*... (Profils A 23 - A 52).

- des vertisols assez graveleux à cailloutis superficiel. Argilo-sableux ou argileux, ils présentent des nodules calcaires de grosseurs diverses et un microrelief accentué. Ils sont occupés par une savane arborée plus ou moins dense à *Acacia Seyal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Albizzia Chevalieri*... ou bien des cultures de mil "berbéré". Les jachères contiennent alors des repousses d'*Acacia Seyal*, *Bauhinia reticulata*... (Profils A 5 - A 8 - A 9 - A 13).

Signalons également quelques taches de vertisols à rares nodules calcaires observés dans la partie nord-ouest de la feuille d'Abou Déia. Ils portaient *Acacia Seyal* et *Mitragyna africana*... présentaient un cailloutis superficiel et en profondeur un abondant pseudo-mycélium ainsi que des taux de sodium non négligeables (Profil A 56).

- des sols rouges d'origine ferrallitique ancienne qui évoluent actuellement vers des sols ferrugineux tropicaux. Ils se localisent presque uniquement autour du massif de Mangalmé. Parfois très profonds (4m),

il y a alors peu de variation texturale à partir de 100 cm mais ils sont aussi souvent mêlés de produits détritiques en provenance du massif et présentent des horizons graveleux, quartzeux et feldspathiques qu'accompagnent des concrétions ferrugineuses (Profils M 32 - M 35).

Toute cette région est relativement bien peuplée si on la compare à la partie centrale de la feuille d'Abou Déia où dominent les cuirasses ferrugineuses. Il s'agit ici d'habitants de race Dadjos et Diongor, ces derniers apparentés aux Yalnas. Ceci semble dû à la présence de sols variés de valeur très inégale mais surtout au fait que l'eau est plus abondante au voisinage des massifs.

Les sols peu évolués, peu épais sur granite ou cuirasse ferrugineuse sont généralement incultes ainsi que les sols hydromorphes argilo-sableux et les sols halomorphes. Ils sont cultivés en mil de saison des pluies lorsque, plus profonds pour les premiers ou qu'une couverture sableuse assez épaisse recouvre les seconds. Les sols rouges portent également des cultures de mil, petit mil, arachide, pois de terre... tandis que les vertisols sont consacrés uniquement à la culture du mil tardif repiqué en Octobre - Novembre.

Tous ces sols du glacis sont généralement soumis à une forte érosion. Erosion en nappe sur les sols hydromorphes argilo-sableux, en ravines profondes dans les autres types, vertisols compris.

Sols peu évolués sur colluvions granitiques (A 4 - M 29)
Sur cuirasse détritique (A 12 - M 11)

	A 4 Sud de Dafra			M 29 Ouest de Man- galmé	A 12 Sud-Est de Djougoni		M 11 Sud de Déla- goum
ÉCHANTILLONS	41	42	43	291	121	122	111
Profondeur en cm	0-20	60-80	100- 110	0-20	0-20	60-70	0-20
pH	5,3	6,4	6,6	4,4	6,6	6,5	7
GRANULOMÉTRIE							
Terre fine %	38	31	49		71	37	
Sable grossier %	22	58	39	51	44	20	28
Sable fin %	10	5	15	20	22	5	15
Limon grossier %	11	4	10	11	11	5	14
Limon fin %	26	7	12	10	10	7	10
Argile %	27	25	23	8	12	58	31
Humidité (105°) %	3	2	1,5	-	1	5	2
MATIÈRE ORGANIQUE							
Mat. org. tot. %	3,40			0,95	0,83		1,00
Carbone %	2,00			0,55	0,48		0,57
Azote total ‰	0,96			0,50	0,49		0,44
C/N	20,80			11,00	9,70		12,90
BASES ÉCHANGEABLES							
Ca mé %	11,00	6,30	5,90	0,35	2,00	5,85	11,20
Mg mé %	3,50	2,90	2,50	0,30	1,10	2,50	3,05
K mé %	0,55	0,40	0,30	<0,10	0,20	0,65	0,35
Na mé %	0,30	0,20	0,25	<0,10	<0,10	0,35	0,10
S mé %	15,35	9,80	8,95	0,65	3,30	9,35	14,60
STRUCTURE (IS (K cm/h)	2,88 1,95			1,42 0,52	1,15 7,28	1,77 1,14	3,57 2,92

Profil A 4 granite altéré à 120 cm

Profil M 29 colluvions arénacées grossières à 45 cm

Profil A 12 cuirasse détritique à liant argileux, peu consolidée

Vertisols : sols argileux à nodules calcaires
et effondrements

	A 5		A 8		A 9	
	Sud de Dafra		Sud de Karkagné		Sud de Karkagné	
ÉCHANTILLONS	51	52	81	82	91	92
Profondeur en cm	0-20	60-80	0-20	70-90	0-20	70-80
pH	7,1	8,1	6,7	7,7	7,6	7,5
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	98	99	55	88	60	98
Sable grossier %	9	10	17	13	14	14
Sable fin %	12	7	10	10	11	11
Limon grossier %	11	10	10	8	11	11
Limon fin %	16	16	15	15	17	16
Argile %	48	54	44	48	44	44
Humidité (105°) %	4	4	4	6	3	3
C03 Ca %			0,1	0,3	0,15	-
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	0,70		1,60		0,55	
Carbone %	0,41		0,93		0,32	
Azote total %	0,39		0,75		0,30	
C/N	10,50		12,40		10,70	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	21,90	25,45	24,25	31,10	18,40	18,75
Mg mé %	7,35	8,15	6,60	6,85	8,05	7,90
K mé %	0,60	0,40	0,65	0,70	0,35	0,35
Na mé %	0,45	0,20	0,45	1,30	0,30	0,70
S mé %	30,30	34,20	31,95	39,95	27,10	27,70
STRUCTURE (IS (K cm/h						
	5,17	5,6	1,16	2,07	5,44	3,93
	2,08	2,06	0,66	0,65	3,17	1,95

Vertisols :
Sol argileux à nodules calcaires et effondrements (A 13)
Argile noire tropicale (A 56)

ÉCHANTILLONS	A 13		A 56		
	Sud-Ouest d'Abou Déia		Nord de Djougoni		
	131	132	561	562	563
Profondeur en cm	0-20	80-90	0-20	60-80	130-150
pH	7	7,4	6,7	8,2	8
GRANULOMÉTRIE					
Terre fine %	73	73	100	100	52
Sable grossier %	11	10	3	3	7
Sable fin %	9	10	7	7	7
Limon grossier %	15	15	12	13	7
Limon fin %	20	22	23	22	12
Argile %	42	41	50	50	51
Humidité (105°) %	3	3	5,5	5,5	6
CO ₃ Ca %	traces	-	traces	traces	traces
MATIÈRE ORGANIQUE					
Mat. org. tot. %	1,57		1,13		
Carbone %	0,91		0,66		
Azote total ‰	0,67		0,53		
C/N	13,60		12,40		
BASES ÉCHANGEABLES					
Ca mé %	17,70	21,05	21,75	23,85	25,90
Mg mé %	5,00	4,15	9,45	9,35	10,05
K mé %	0,65	0,55	1,00	0,90	1,00
Na mé %	0,30	0,35	0,60	1,90	2,05
S mé %	23,65	26,10	32,80	36,00	39,00
STRUCTURE					
(IS	1,52	4,90	3,81	4,57	7,34
(K cm/h	3,45	2,42	0,12	0,04	0,03

Sols ferrugineux tropicaux peu développés
sur matériau ferrallitique ancien

M 32

M 35

Ouest de
Mangalmé

Est de Mangalmé

ÉCHANTILLONS	321	322	323	351	352	353
Profondeur en cm	0-20	60-80	120-140	0-20	60-80	180
pH H ₂ O	4,7	4,9	5,7	5,2	5,2	6,9
pH KC l N	4,1	4,4	5	4,5	4,5	5,8
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	98	100	87	98	96	65
Sable grossier %	45	44	41	72	65	57
Sable fin %	38	17	18	20	15	15
Limon grossier %	7	8	9	3	3	6
Limon fin %	4	9	9	2	3	4
Argile %	5	21	21	2	14	18
Humidité (105°) %	-	1,5	1,5	-	1	1
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	0,48			0,86		
Carbone %	0,28			0,50		
Azote total ‰	0,30			0,48		
C/N	9,30			10,40		
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	0,45	3,25	3,45	0,35	1,50	2,90
Mg mé %	0,35	1,30	1,30	0,25	0,65	0,70
K mé %	0,25	0,25	0,20	0,10	0,30	0,15
Na mé %	<0,10	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	<0,10
S mé %	1,05	4,80	5,10	0,70	2,45	3,75
Fer libre %				0,08	0,22	0,28
Fer total %				0,1	0,23	0,30
<u>Fer libre</u> %				80	95,6	93,3
Fer total %						
STRUCTURE (IS (K cm/h	1,34	1,96	2,50	0,86	2,32	2,78
	1,23	2,78	1,75	1,14	1,02	1,78
P2 05 total ‰				0,1		

Sols hydromorphes à pseudo-Gley sur matériau
argilo-sableux (A 1 - A 14)
A couverture sableuse (A 16 - M 77)

	A 1		A 14		A 16		M 77	
	Nord de Djougonidi		Sud de Djébren		Sud-Ouest d'Abou Déia près d'Am Djéména		Près de Saraf Doungous	
ÉCHANTILLONS	11	12	141	142	161	162	771	772
Profondeur en cm	0-20	80-90	0-20	90-110	0-20	80-100	0-20	50-70
pH	5,8	5,7	7,4	7	6,6	6,5	5,9	6,6
GRANULOMÉTRIE								
Terre fine %	97	96	63	68	61	71	98	98
Sable grossier %	27	26	27	28	33	20	70	41
Sable fin %	20	9	13	11	24	13	15	15
Limon grossier %	12	8	9	8	14	14	5	8
Limon fin %	11	10	5	9	14	12	3	5
Argile %	28	42	42	42	15	39	6	28
Humidité (105°) %	2,5	5	4	4	1	2,5	1	3
C03 Ca %			-	0,2	0,2			
MATIÈRE ORGANIQUE								
Mat. org. tot. %	1,59		1,30		3,10		1,08	
Carbone %	0,93		0,76		1,80		0,63	
Azote total ‰	0,72		0,72		1,00		0,65	
C/N	12,90		10,50		18,00		9,60	
BASES ÉCHANGEABLES								
Ca mé %	7,30	10,35	10,85	17,55	8,95	16,00	4,70	15,90
Mg mé %	4,75	5,20	3,20	3,10	2,90	3,70	0,95	3,70
K mé %	0,55	0,50	0,90	0,60	0,30	0,65	0,10	0,35
Na mé %	0,20	0,70	0,30	0,40	< 0,10	0,15	< 0,10	0,30
S mé %	12,80	16,75	15,25	21,65	12,15	20,50	5,75	20,25
STRUCTURE (IS (K cm/h								
	3,51	6,50	3,55	2,74	2,88	2,41	2,95	2,69
	1,28	1,53			2,18	3,02	2,70	0,98

Sol hydromorphe à pseudo-Gley sur alluvions
fluviales récentes (tendance halomorphe) A 52
Sol halomorphe à alcalis sur alluvions
fluviales récentes (A 23)

A 52

A 23

Nord-Ouest
d'Abou Déia

Nord
d'Abou Déia

ÉCHANTILLONS	521	522	231	232
Profondeur en cm	0-20	80-100	0-20	60-80
pH	6,3	7,5	5,6	8
<u>GRANULOMÉTRIE</u>				
Terre fine	83	52		
Sable grossier	9	34	46	49
Sable fin	14	18	21	22
Limon grossier	19	9	11	11
Limon fin	26	9	7	6
Argile	29	27	14	11
Humidité (105°)	4	3	1	1
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>				
Mat. org. tot.	2,01		0,53	
Carbone	1,17		0,31	
Azote total	0,95		0,36	
C/N	12,30		8,60	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>				
Ca mé	17,70	11,50	2,30	3,05
Mg mé	3,85	2,50	1,75	0,90
K mé	0,35	0,35	0,20	0,15
Na mé	0,55	1,50	0,15	0,75
S mé	22,45	15,85	4,40	4,85
Na/Ca echang.		13,00		24,60
<u>STRUCTURE</u> (IS				
(K cm/h	3,03	4,12	3,44	2,63
	1,28	0,38	0,48	0,06

8-2 - LES AFFLEUREMENTS DE CUIRASSES FERRUGINEUSES

Ils occupent les deux tiers de la feuille d'Abou Déia et vont du pied des massifs d'Abou Déia et de Mangalmé à la dépression du Bahr Djourf localisée dans la corne sud-est de cette même feuille. Ces cuirasses s'observent encore en surfaces importantes dans la partie sud-est de la feuille de Mangalmé.

Ils descendent en pente douce du Nord vers le Sud (Sud de Mangalmé 446 m, Bahr Djourf à El Oigna 412 m) et de l'Ouest (466 m près d'Abou Déia) vers l'Est (423 m à Deresna).

La cuirasse ferrugineuse affleure en de multiples endroits sous forme de blocs épars très durs de couleur brun-rouille. Elle est constituée de concrétions ferrugineuses et prend souvent un aspect vacuolaire. Son épaisseur atteint fréquemment 2 à 3 m, parfois plus.

Dans les profils de sols, la cuirasse compacte, très dure, est précédée d'un horizon gravillonnaire, les amas ferrugineux très arrondis évoquent des phénomènes de dissolution du fer s'effectuant dans la partie supérieure de la cuirasse où vont circuler les eaux en saison des pluies. De même autour des affleurements, le sol est parsemé de gravillons ferrugineux très arrondis. A l'inverse, dans les dépressions, où viennent s'accumuler les eaux de ruissellement la cuirasse est plus compacte, souvent très enrichie en fer. Exception faite de celles des zones de collature, toutes ces vieilles cuirasses apparaissent en voie de démantèlement.

Ces cuirasses ferrugineuses sont fréquemment recouvertes par des sols peu évolués pouvant atteindre 40 à 50 cm d'épaisseur. Ceux-ci contiennent eux-mêmes une proportion importante de gravillons ferrugineux (Profils A 7, A 25, A 29, A 38, A 44, A 49 - M 15, M 89).

Ces sols, peu épais, portent souvent une végétation basse et dense disposée en flots. On y observe : *Albizzia Chevalieri*, *Acacia ataxacantha*, *Ziziphus mauritiaca*, *Dalbergia melanoxydon*, *Lanea humilis*, *Cissus quadrangularis*... qu'accompagnent quelques arbres: *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Tamarindus indica*, *Sclerocarya Birrea*...

Des sols parfois plus épais se développent sur ces cuirasses, il s'agit fréquemment de sols hydromorphes à pseudo-Gley à taches et concrétions ferrugineuses. Les horizons profonds sont souvent argilo-sableux ou argileux (Profils A 15, A 18, A 22, A 55, - M 26, M 28, M 33, M 34, M 93, M 95). La cuirasse ferrugineuse est ici à plus grande profondeur (80-100 cm) ou n'a pas été observée.

On note de même, mais plus rarement, des sols ferrugineux tropicaux lessivés souvent à pseudo-Gley (Profils A 53 - M 54).

Sur ces sols se développent des formations végétales plus homogènes et plus denses où se retrouvent les espèces décrites plus haut.

Ces formations cuirassées ont été profondément découpées par l'érosion et dans les dépressions ainsi créées se sont déposés des sédiments argileux qui ont évolué vers des vertisols. Il s'agit de sols argileux à nodules calcaires et effondrements qui sont boisés de formations arborées plus ou moins denses où se trouvent les espèces suivantes : *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Seyal*, *Bauhinia reticulata*, *Albizia Chevalieri*.

Les parties les plus basses de ces dépressions sont parfois colonisées par *Acacia Seyal* tandis que dans les parties en élévation les espèces ci-dessus s'accompagnent de *Lannea humilis*... (Profils A 17, A 27, A 30, A 47 - M 25, M 56, M 91).

Des sols hydromorphes à pseudo-Gley formés sur matériau argileux ou alluvions fluviales récentes se développent dans les dépressions les plus mal drainées (Profil M 52) ou au voisinage de cours d'eau (Profils A 11, A 33). Ils occupent des surfaces restreintes.

Enfin, des affleurements du socle surgissent encore çà et là formant relief au-dessus de la surface cuirassée, ils ont nom : Massifs de Djébren, Djaouit, Dagour... dans le Sud de la feuille d'Abou Déia, Hadjer Abrabda au Nord près d'Abgé. Ces massifs s'entourent d'un glacis de piedmont très complexe analogue à ceux décrits dans la région précédente. On y observe aussi des sols hydromorphes argilo-sableux, des sols peu évolués sur granite... des sols halomorphes à alcalis (Profil A 45) et parfois, comme au voisinage d'Abgé, des sols ferrugineux tropicaux peu développés, formés sur matériau ferrallitique ancien et colluvions granitiques (Profil A 46).

Toute cette région est pratiquement inhabitée. La population se concentre ici encore au voisinage des rares pointements du socle à l'exception de quelques villages importants comme Foulounga. Il s'agit de population de races Birked (Foulounga, Abgé...) Yalmas et Djongor apparentées aux Kingas (El Hidjer...). Elles se consacrent aux cultures vivrières traditionnelles : mil, petit mil, arachide, pois de terre sur les sols les plus profonds sur cuirasse ou granite, mil repiqué de fin de saison des pluies sur les vertisols dont une très faible partie est en cultures.

Cette région présente un très faible intérêt qu'explique la prédominance de la cuirasse ferrugineuse.

Sols peu évolués sur cuirasse gravillonnaire
peu consolidée (A 7)
Sur cuirasse ferrugineuse (A 25, A 29)

	A 7		A 25	A 29	
	Nord-Est de Masaloua (Sud-Est d'Abgé)		Sud-Est d'Abou- Déia vers Déra	Sud-Est de Ter	
ÉCHANTILLONS	71	72	251	291	292
Profondeur en cm	0-20	70-80	0-20	0-20	30-50
pH	5,5	7,9	6,3	6,2	5,1
<u>GRANULOMÉTRIE</u>					
Terre fine %	97	57	30		
Sable grossier %	15	14	34	75	75
Sable fin %	10	12	25	13	11
Limon grossier %	12	9	11	6	5
Limon fin %	15	15	16	4	4
Argile %	43	45	13	2	5
Humidité (105°) %	5	5	1	-	-
C03 Ca %	-	traces			
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>					
Mat. org. tot. %	1,53			0,41	
Carbone %	0,89			0,24	
Azote total ‰	0,64			0,24	
C/N	13,90			10,00	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>					
Ca mé %	14,90	-	4,10	0,85	0,20
Mg mé %	3,90	4,20	3,35	0,30	0,20
K mé %	0,40	0,60	0,20	<0,10	<0,10
Na mé %	0,20	0,40	<0,10	<0,10	<0,10
S mé %	19,40		7,65	1,15	0,40
<u>STRUCTURE (IS K cm/h)</u>					
	2,22	2,79	2,14	1,21	1,21
	4,10	2,75		0,90	0,80

Profil A 25 cuirasse vacuolaire friable à partir de 25 cm
horizon supérieur très gravillonnaire
Profil A 29 cuirasse à 50 cm

Sols peu évolués sur cuirasse ferrugineuse

	A 38	A 44	A 49		
	Nord de Ragama	Sud-Est d'Abgé	Entre Siref et Fouloun- ga		
ÉCHANTILLONS	381	382	441	442	490
Profondeur en cm	0-5	40-50	0-20	40-50	0-10
pH	5,3	5,2	5,5	5,3	
<u>GRANULOMÉTRIE</u>					
Terre fine %	71	25	70	63	86
Sable grossier %	18	21	19	10	63
Sable fin %	16	10	9	5	24
Limon grossier %	11	6	11	6	4
Limon fin %	29	17	12	9	4
Argile %	26	42	46	65	5
Humidité (105°) %	0,5	4	3	5	-
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>					
Mat. org. tot. %	2,58	1,60	1,15		
Carbone %	1,50	0,93	0,67		
Azote total ‰	1,00	0,86	0,53		
C/N	15,00	10,80	12,60		
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>					
Ca mé %	3,30	0,70	7,70	10,90	0,95
Mg mé %	1,25	1,45	3,20	7,90	0,45
K mé %	0,15	0,10	0,40	0,65	0,10
Na mé %	< 0,10	< 0,10	0,20	0,35	< 0,10
S mé %	4,70	2,25	11,50	19,80	1,50
<u>STRUCTURE</u> (IS (K cm/h)					
	2,5 0,26	3,31 0,49	3,38 1,86	3,58 3,80	1,65

Profil A 38 à partir de 5 cm cuirasse très gravillonnaire

Profil A 44 cuirasse très dure à 50 cm. Puits voisin, cuirasse sur 3 m puis granite

Profil A 49 cuirasse à 15 cm.

Sols peu évolués
sur cuirasse ferrugineuse (M 15 - M 89)

	M 15		M 89	
	Sud-Est d'Oumérané		Est de Mangalmé	
ÉCHANTILLONS	151	152	891	892
Profondeur en cm	0-20	30-50	0-15	30-40
pH H ₂ O	5,1	4,9	5,7	5,2
pH KC l N	4,2	3,8	4,6	4,6
GRANULOMÉTRIE				
Terre fine %	94	84	100	100
Sable grossier %	28	15	38	28
Sable fin %	14	7	13	10
Limon grossier %	10	7	10	8
Limon fin %	13	7	12	10
Argile %	32	60	25	40
Humidité (105°) %	3	4,5	2	4
MATIÈRE ORGANIQUE				
Mat. org. tot. %	1,87		1,73	
Carbone %	1,09		1,01	
Azote total ‰	0,72		0,67	
C/N	15,10		15,10	
BASES ÉCHANGEABLES				
Ca mé %	3,85	6,90	9,10	11,60
Mg mé %	1,75	2,95	2,60	3,30
K mé %	0,35	0,60	0,30	0,30
Na mé %	<0,10	<0,10	<0,10	0,25
S mé %	5,95	10,45	12,00	15,45
Fer libre %	0,26	0,39		
Fer total %	0,39	0,57		
<u>Fer libre</u> %	66,70	68,40		
Fer total				
STRUCTURE (IS K cm/h)				
	3,37	2,05	2,55	1,96
	1,07	1,63	0,72	2,02
P2 05 total ‰	0,19			

Profil M 15 cuirasse à 50 cm
Profil M 89 cuirasse très dure à 40 cm.

Vertisols :
Sols argileux à nodules calcaires (A 17)
et effondrements (A 27, A 30, A 47)

A 17	A 27	A 30	A 47
Nord-Est d'Abou Déia vers Foulounga	Sud-Est de Tamaram Bahr Korom	Dagour vers Déresna	Sud Abgé vers Abou Déia

ÉCHANTILLONS	171	172	271	272	301	302	471	472
Profondeur en cm	0-20	80-90	0-20	80-100	0-20	80-100	0-20	60-80
pH	7,9	5,7	6,4	6,3	7	7,9	6,6	6,8
<u>GRANULOMÉTRIE</u>								
Terre fine %	98	85	75	70	90	83	100	88
Sable grossier %	37	39	23	19	16	14	27	52
Sable fin %	17	14	12	8	13	10	11	6
Limon grossier %	11	6	8	8	9	10	10	5
Limon fin %	8	6	8	10	11	21	9	5
Argile %	25	33	46	50	47	40	39	29
Humidité (105°) %	2	2,5	3,5	5	4	4,5	4	3
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>								
Mat. org. tot. %	1,65		1,34		1,20		0,57	
Carbone %	0,96		0,78		0,70		0,33	
Azote total ‰	0,71		0,64		0,62		0,32	
C/N	13,50		12,20		11,30		10,00	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>								
Ca mé %	5,05	9,55	12,15	18,00	17,40	22,00	12,90	9,10
Mg mé %	3,05	3,35	4,75	5,40	5,30	5,50	5,30	3,40
K mé %	0,10	0,15	0,25	0,15	0,30	0,30	0,25	0,15
Na mé %	< 0,10	0,15	0,15	0,45	0,20	0,55	0,40	0,55
S mé %	8,20	13,20	17,30	24,00	23,20	28,35	18,85	13,20
<u>STRUCTURE</u> (IS (K cm/h								
	2,47	5,75	2,96	4,15	3,57	3,77	2,50	
	0,66	1,62	2,97	1,50	4,20	1,08	2,27	

Vertisols : sols argileux à nodules calcaires
et effondrements

M 25 M 56 M 91
Sud de Midzigir Fourdougoul Est de
(Ouest de Mangalmé)

ÉCHANTILLONS	251	252	561	562	911	912
Profondeur en cm	0-20	70-90	0-20	60-80	0-20	40-60
pH H ₂ O	7	8	6,9	8,1	5,2	6,4
pH KCℓ N	5,8	6,3	5,6	6,6	4,1	5,1
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	95	97	97	90	91	94
Sable grossier %	15	12	39	26	27	22
Sable fin %	7	7	15	12	13	13
Limon grossier %	8	9	7	8	8	7
Limon fin %	16	14	7	10	10	10
Argile %	49	53	29	40	39	44
Humidité (105°) %	5	5	3	4	3,5	4
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	0,45		0,76		0,67	
Carbone %	0,26		0,44		0,39	
Azote total ‰	0,25		0,39		0,58	
C/N	10,40		11,20		6,70	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	20,45	20,65	12,85	21,30	21,65	27,05
Mg mé %	3,60	3,35	6,05	7,55	5,60	5,60
K mé %	0,40	0,40	0,25	0,25	0,30	0,15
Na mé %	0,30	0,85	0,15	0,30	0,15	0,30
S mé %	24,75	25,25	19,30	29,40	27,70	33,10
STRUCTURE (IS (K cm/h						
	4,33	4,39	2,64	4,01	2,18	2,81
	1,28	2,50	1,38	2,26	1,59	1,15
P2 05 total ‰	0,1		0,1			

Sol ferrugineux tropical peu développé
sur matériau ferrallitique ancien
et colluvions granitiques (A 46)
Sol ferrugineux tropical lessivé sur cuirasse (A 53)
Sol ferrugineux tropical lessivé à pseudo-Gley (M 54)

	A 46		A 53		M 54			
	Nord-Ouest d'Abgé		Nord de Foulounga		Sud-Est de Mangalmé			
ÉCHANTILLONS	461	462	531	532	541	542	543	544
Profondeur en cm	0-20	60-80	0-20	80-100	0-20	20-40	60-80	140-160
pH H ₂ O	6	5,4	6,2	5,3	6,7	6,7	8,5	8,6
pH KCℓ N					5,4	5,1	6,8	6,6
<u>GRANULOMÉTRIE</u>								
Terre fine %	84	35	92	65	100	98	96	99
Sable grossier %	50	30	44	33	38	34	25	13
Sable fin %	24	10	28	14	29	34	31	16
Limon grossier %	13	8	8	7	10	8	10	10
Limon fin %	7	7	7	9	10	7	7	15
Argile %	6	42	11	34	12	16	24	41
Humidité (105°) %	0,5	3	2	3	1	1,5	3	5
C03 Ca %					-	-	0,3	-
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>								
Mat. org. tot. %	0,62		0,77		1,15			
Carbone %	0,36		0,45		0,67			
Azote total ‰	0,33		0,34		0,61			
C/N	10,90		13,20		11,00			
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>								
Ca mé %	1,50	3,95	2,30	4,50	5,00	7,60	16,45	21,40
Mg mé %	0,50	0,70	1,10	0,20	2,35	2,00	3,80	8,45
K mé %	0,15	0,35	0,20	0,20	1,15	0,80	0,35	0,50
Na mé %	<0,10	0,15	<0,10	0,20	0,15	0,30	0,45	4,60
S mé %	2,15	5,15	3,60	5,10	8,65	10,70	21,05	34,95
<u>STRUCTURE</u> (IS (K cm/h)								
	1,32	2,97	2,72	4,35	5,25	3,84	7,05	4,94
	0,56	2,27	0,92	1,44	0,60	0,60	0,46	0,44

Sol peu évolué sur cuirasse (tendance hydromorphe) A 15
Sol hydromorphes à pseudo-Gley
sur cuirasse (A 18, A 22)

	A 15		A 18		A 22	
	Sud-Ouest d'Abou Déia		Nord de Foulounga		Est de Déresna	
ÉCHANTILLONS	151	152	181	182	221	222
Profondeur en cm	0-20	30-50	0-20	60-80	0-20	80-100
pH	5,8	6,4	6,2	6,2	5,8	5,2
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	92	50				
Sable grossier %	20	13	41	32	36	32
Sable fin %	12	6	28	14	21	12
Limon grossier %	14	10	10	7	8	5
Limon fin %	21	14	7	8	7	7
Argile %	31	54	13	37	26	41
Humidité (105°) %	2,5	3,5	1	2,5	2	3
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	2,01		0,89		0,50	
Carbone %	1,17		0,52		0,29	
Azote total ‰	0,72		0,42		0,34	
C/N	16,20		12,40		8,50	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	3,00	4,90	1,80	4,30	3,25	4,70
Mg mé %	3,70	2,55	1,70	2,30	1,20	2,95
K mé %	0,30	0,25	0,15	0,15	0,20	0,30
Na mé %	0,15	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
S mé %	7,15	7,85	3,65	6,75	4,65	7,95
STRUCTURE (IS (K cm/h)						
	2,5	2,25	2,88	4,44	3,94	3,37
	1,53	3,53	0,51	1,25	2,11	0,48

Sols hydromorphes à pseudo-gley sur cuirasse

A 55 M 26 M 28
 Nord de Nord de Miélé
 Djougondi près d'Abgé

ÉCHANTILLONS	551	552	553	261	262	281	282
Profondeur en cm	0-20	40-60	100-120	0-20	80-100	0-20	40-50
pH H ₂ O	5,2	5	4,9	5,8	5,4	5,4	4,5
pH KCl N				4,7	3,9	5	4,3
<u>GRANULOMÉTRIE</u>							
Terre fine %	62	68	70	98	94	94	84
Sable grossier %	48	19	19	67	35	66	57
Sable fin %	19	11	13	11	10	11	9
Limon grossier %	11	11	13	9	12	7	6
Limon fin %	12	15	15	8	11	9	8
Argile %	8	41	37	4	30	6	18
Humidité (105°) %	1	3	3	1	2,5	0,5	1,5
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>							
Mat. org. tot. %	1,05			0,76		1,87	
Carbone %	0,61			0,44		1,09	
Azote total ‰	0,52			0,46		0,76	
C/N	11,70			10,00		14,30	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>							
Ca mé %	0,45	0,30	0,55	1,40	9,95	1,35	1,40
Mg mé %	0,15	0,10	0,75	0,55	1,70	0,45	1,10
K mé %	<0,10	0,45	0,60	0,10	0,35	0,10	0,20
Na mé %	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	0,30	0,10	<0,10
S mé %	0,60	1,00	1,90	2,05	12,30	1,90	2,70
STRUCTURE (IS (K cm/h)	1,56	1,78	2,46	2,07	3,15	2,58	2,82
	0,82		2,22	0,72	1,28	0,49	1,02
P2 05 total ‰	0,1						

Profil M 28 cuirasse à 60 cm

Sols hydromorphes à pseudo-gley sur cuirasse

	M 33		M 34		M 93		
	Sud-Est de Mangalmé		Sud de Mangalmé		Est de Mangalmé		
ÉCHANTILLONS	331	332	341	342	931	932	933
Profondeur en cm	0-20	50-70	0-20	60-80	0-20	40-60	80-100
pH H ₂ O	5,4	5	5,2	5,2	5,6	4,9	4,9
pH KC & N	4,8	3,4	4	3,9	4,9	3,6	3,6
GRANULOMÉTRIE							
Terre fine %	96	80	91	87			
Sable grossier %	61	30	42	37	59	38	39
Sable fin %	15	7	16	12	18	12	11
Limon grossier %	9	6	7	6	8	7	7
Limon fin %	7	6	11	9	5	6	6
Argile %	7	47	22	33	8	34	34
Humidité (105°) %	1	4	2	3	1	3	3
MATIÈRE ORGANIQUE							
Mat. org. tot. %	0,69		1,36		0,84		
Carbone %	0,40		0,79		0,49		
Azote total ‰	0,36		0,48		0,44		
C/N	11,10		16,40		11,10		
BASES ÉCHANGEABLES							
Ca mé %	1,55	8,70	4,00	8,50	2,25	8,75	9,80
Mg mé %	1,00	3,75	1,70	2,45	1,10	3,35	4,85
K mé %	0,10	0,35	0,30	0,25	0,15	0,30	0,30
Na mé %	<0,10	0,15	0,15	0,50	<0,10	0,40	0,45
S mé %	2,65	12,95	6,15	11,70	3,50	12,80	15,40
STRUCTURE (IS (K cm/h							
	1,80	2,73	4,49	5,39	0,84	2,23	2,72
	0,67	3,18	1,10	0,71	1,08	0,84	0,70

Profil M 33 cuirasse très compacte à 80 cm.

Sols hydromorphes à pseudo-gley

sur cuirasse	sur matériau argileux	sur matériau argilo-sableux à couverture sableuse
M 95	M 52	M 99
Est de Mangalmé	Est de Mangalmé	Abgé

ÉCHANTILLONS	951	952	521	522	523	991	992	993
Profondeur en cm	0-20	70-90	0-20	40-60	100-110	0-20	60-80	150-170
pH H ₂ O	5,6	5,3	4,7	5,5	5,5	6,8	7	8,1
pH KCℓ N	4,4	3,8				6	5,7	7,2
GRANULOMÉTRIE								
Terre fine %	94	92	82	86	95	92	100	91
Sable grossier %	57	25	30	20	13	76	37	40
Sable fin %	9	9	15	10	10	13	9	10
Limon grossier %	5	7	9	7	8	3	6	8
Limon fin %	7	9	9	9	11	3	8	9
Argile %	21	46	35	51	54	4	37	30
Humidité (105°) %	1,5	4	3	4	4,5	-	3,5	3,5
CO ₃ Ca %						-	-	2,1
MATIÈRE ORGANIQUE								
Mat. org. tot. %	1,22		1,00			1,29		
Carbone %	0,71		0,58			0,75		
Azote total ‰	0,60		0,47			0,61		
C/N	11,7		12,30			12,30		
BASES ÉCHANGEABLES								
Ca mé %	4,00	9,40	5,70	9,30	14,20	3,55	16,15	-
Mg mé %	2,15	3,95	3,55	4,40	5,05	0,85	4,45	4,95
K mé %	0,35	0,40	0,30	0,25	0,30	0,35	0,45	0,55
Na mé %	0,10	0,45	<0,10	0,20	0,35	<0,10	0,20	0,35
S mé %	6,60	14,20	9,55	14,15	19,90	4,75	21,25	-
STRUCTURE (IS (K cm/h)								
	2,42	3,98	6,55	3,19	5,16	0,32	2,55	2,30
	0,98	1,07	2,31	2,66	1,64	4,70	0,77	2,28

Sols hydromorphes à pseudo-Gley sur alluvions
fluviales récentes (A 11, A 33)

Sol halomorphe à alcalis sur matériau
argilo-sableux à couverture sableuse (A 45)

	A 11 Nord-Est de Djougoni			A 33 Sud de Dougné		A 45 Nord-Ouest d'Abgé	
ÉCHANTILLONS	111	112	113	331	332	451	452
Profondeur en cm	0-20	50-70	110- 120	0-20	70-90	0-15	60-80
pH	6,8	6,3	6,6	5,5	5,5	5,9	7,2
GRANULOMÉTRIE							
Terre fine %	100	100	100	91	99	92	84
Sable grossier %	8	27	74	42	14	42	27
Sable fin %	12	18	8	17	5	21	13
Limon grossier %	16	12	2	12	4	15	11
Limon fin %	20	9	2	8	7	10	11
Argile %	41	30	13	20	66	11	35
Humidité (105°) %	4	4	1	1	4	1	3
C03 Ca						-	traces
MATIÈRE ORGANIQUE							
Mat. org. tot. %	1,56			0,89		0,65	
Carbone %	0,91			0,52		0,38	
Azote total ‰	0,67			0,44		0,31	
C/N	13,60			11,80		12,20	
BASES ÉCHANGEABLES							
Ca mé %	16,60	9,80	4,50	1,95	7,10	1,70	11,30
Mg mé %	7,70	6,25	2,30	0,70	1,90	1,10	3,50
K mé %	1,00	0,35	0,15	0,10	0,25	0,15	0,30
Na mé %	0,35	0,30	0,15	<0,10	0,25	0,15	1,95
S mé %	25,65	16,70	7,10	2,75	9,50	3,10	17,05
Na/Ca échang. %							17,20
STRUCTURE (IS (K cm/h)	4,13	6,66		2,95	2,50	2,88	5,50
	0,95	1,48		0,87	2,08	0,45	0,53
P2 05 total ‰	0,1						

8-3 - LE COULOIR ALLUVIAL DU BAHR DJOURF

Il se localise dans la partie sud-est de la feuille d'Abou Déia et fait partie d'une vaste cuvette qui s'étend sur les feuilles Lac Iro, Djouna, Syngako, Haraze, Mangeigne, Am Timan, Abouksoum couvrant 55 000 km². La partie observée ici est constituée par un ancien fond lacustre couvert par la prairie marécageuse à Andropogonées (*Hyparrhenia rufa*, *Andropogon sp.*, *Cymbopogon sp.*...) dans les parties les plus basses inondées de façon permanente ou semi-permanente (6 à 8 mois) sous des hauteurs d'eau pouvant atteindre plusieurs mètres.

Les sols qui se développent dans ces endroits sont de type hydromorphe à Gley ou pseudo-Gley et sont formés sur matériau argileux (Profil A 51 inondé sous 1,20 m d'eau au maximum de la crue).

Dans les parties moins inondées pousse une savane armée de densité variable où dominent *Acacia Seyal* accompagnés d'*Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*. Elle croît sur des vertisols très argileux, très largement structurés présentant quelquefois des effondrements (Profil A 58). Les parties en élévation prennent l'aspect de la "naga". Aux espèces précédentes s'ajoutent, en formation clairsemée, *Balanites aegyptiaca*, *Bauhinia reticulata*, *Lamnea humilis*. Des taux de sodium déjà importants sont alors fixés sur le complexe absorbant (Profil A 34).

Au milieu de cette plaine monotone se dressent quelques rares buttes sableuses qui forment de modestes élévations occupées par les villages de pasteurs (Deleïba, Zerzoura, Timnomak). Il s'agit de sols ferrugineux tropicaux (Profils A 35, A 40).

Enfin, les bourrelets des bahrs Djourf et Borh et de leurs multiples ramifications constituent les parties hautes du paysage et sont plus densément boisés : *Anogeissus leiocarpus*, *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Sieberiana*, *Tamarindus indica*, *Acacia senegal*...

Ils sont diversement boisés suivant la texture du sol. Ce sont souvent des sols peu évolués d'apport où se distinguent déjà des caractères d'hydromorphie plus ou moins bien typés.

De même, s'observent dans les horizons profonds des profils des quantités de sodium non négligeables (Profils A 39, A 42, A 54).

Ces régions sont relativement bien peuplées. Les villages se tiennent principalement sur les bourrelets fertiles (Ragana, Deresna, El Ogn...) ou sur les petites buttes sableuses. Il s'agit de population de pasteurs arabes, Ouled Rachid qui abandonnent leurs villages en saison sèche pour se rapprocher des mares où ils installent des villages provisoires. Si les élévations sableuses et les sols des bourrelets portent des cultures vivrières (mil, petit mil, arachide... et coton) la culture du mil "berbéré" prend une place importante dans l'agriculture de ces populations qui se consacrent aussi à l'élevage.

Sols ferrugineux tropicaux (A 35, A 40)
Vertisol : Argile noire tropicale (A 58)

A 35 A 40 A 58
Zerzoura Nord-Est de Est
 Déresna d'El Ogha

ÉCHANTILLONS	351	352	401	402	581	582
Profondeur en cm	0-20	100-120	0-20	60-80	0-20	90-100
pH	5,4	6,3	6,8	6,7	6,8	7,7
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	100	100	100	100	100	100
Sable grossier %	67	63	52	57	2	1
Sable fin %	22	24	35	29	14	12
Limon grossier %	4	5	7	6	13	13
Limon fin %	2	5	3	3	12	13
Argile %	5	3	3	5	55	57
Humidité (105°) %	-	-	-	-	4	4
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	0,58		0,44		0,52	
Carbone %	0,34		0,26		0,30	
Azote total ‰	0,30		0,25		0,34	
C/N	11,30		10,40		8,80	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	1,30	0,90	1,25	1,10	15,10	17,25
Mg mé %	0,60	0,40	0,45	0,35	3,90	3,70
K mé %	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	0,45	0,45
Na mé %	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,30	0,40
S mé %	1,90	1,30	1,70	1,55	19,75	21,80
STRUCTURE (IS						
	0,78	0,79	1,77	1,17	5,23	8,01
(K cm/h	1,82	2,56	1,09	0,69	1,62	1,24

Sols hydromorphes à pseudo-gley

sur matériau argileux sur alluvions fluviales récentes

A 51 A 42 A 54

Sud de Siref Ragana Nord de Déleiba

ÉCHANTILLONS	511	512	421	422	423	541	542
Profondeur en cm	0-20	80-100	0-20	40-50	120-140	0-20	80-100
pH	5,5	7	6,7	7,1	8,3	6,6	7,3
GRANULOMÉTRIE							
Terre fine %	100	89	84	100	100	100	100
Sable grossier %	2	3	10	2	1	2	1
Sable fin %	5	3	13	4	2	26	36
Limon grossier %	8	10	24	27	24	20	29
Limon fin %	11	12	33	48	64	23	15
Argile %	69	67	17	17	6	26	17
Humidité (105°) %	5	5	2,5	2,5	3	3	2
C03 Ca %						traces	traces
MATIÈRE ORGANIQUE							
Mat. org. tot. %	1,39		3,10			1,56	
Carbone %	0,81		1,80			0,91	
Azote total ‰	0,75		1,80			0,64	
C/N	10,80		10,00			14,20	
BASES ÉCHANGEABLES							
Ca mé %	14,90	17,75	12,80	11,60	9,40	10,70	9,20
Mg mé %	6,90	7,85	5,00	3,00	2,60	6,30	4,90
K mé %	0,70	0,60	0,70	0,55	0,90	0,70	0,45
Na mé %	0,40	1,05	0,40	0,90	1,05	0,30	0,80
S mé %	22,90	27,25	18,90	16,05	13,95	18,00	15,35
STRUCTURE (IS (K cm/h							
	2,73	4,73	3,03	7,11	12,45	4,60	12,25
	2,35	1,16	1,98	0,19	0,26	0,83	0,57
EXTRAIT DE SATURATION							
C à 25°					2,90		

Sols hydromorphes à pseudo-gley
 Sur matériau argilo-sableux
 (tendance marquée vers l'halomorphie) (A 34)
 Sur alluvions fluviatiles récentes
 (horizon profond à alcalis) (A 39)

A 34
 Nord de
 Timnomak

A 39
 Nord de
 Ragana

ÉCHANTILLONS	A 34			A 39	
	341	342	391	392	393
Profondeur en cm	0-20	70-90	0-20	40-60	100-120
pH	7	8,4	6,2	7,3	7,7
<u>GRANULOMÉTRIE</u>					
Terre fine %	99	71	100	100	100
Sable grossier %	21	20	3	3	2
Sable fin %	21	19	63	51	58
Limon grossier %	11	10	14	18	21
Limon fin %	13	11	7	12	6
Argile %	31	37	12	15	12
Humidité (105°) %	3	3	1	1	1
CO ₃ Ca %	traces				
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>					
Mat. org. tot. %	1,90		0,82		
Carbone %	1,11		0,48		
Azote total ‰	0,92		0,44		
C/N	12,10		10,90		
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>					
Ca mé %	17,70	15,50	5,10	7,90	5,85
Mg mé %	5,95	7,20	0,25	2,80	2,70
K mé %	0,85	0,80	0,55	1,15	1,05
Na mé %	0,40	2,15	0,15	0,45	1,05
S mé %	24,90	25,65	6,05	12,30	10,65
Na/Ca échang.		13,80			17,90
<u>STRUCTURE</u> (IS (K cm/h					
		5,77 0,20	5,83 2,00	9,72 0,28	10,00 0,26

8-4 - LES BASSINS DES AFFLUENTS DE LA RIVE GAUCHE DU BATHA

La partie nord et nord-est de la feuille de Mangalmé est constituée par les multiples bassins des affluents du Batha qui traversent la corne nord-ouest de cette même feuille.

Ces affluents ont noms : Ouadis Darangé, Daboug, Abourégé, Ridgils Bouba et Am Khoumi qui se réunissent pour donner le Ridgil Giré, enfin à l'Est, l'ouadi Bouloro.

Ces divers cours d'eau prennent naissance dans la transversale rocheuse qui partage la feuille de Mangalmé du Sud-Ouest au Nord-Est. Les vallées ont une étendue modeste, larges de 1 à 2 kilomètres. Les fonds de lits sont sableux. Les bourrelets les surplombent de 2 à 3 m et sont de texture diverse : sableuse, sablo-argileuse... Ils portent une végétation arbustive plus ou moins dense (*Balanites aegyptiaca*, *Albizzia Chevalieri*, *Ziziphus mauritiaca*, *Tamarindus indica*...) et sont fréquemment cultivés. Ces sols, le plus souvent hydromorphes (Profil M 36), alternent avec des sols peu évolués, des sols halomorphes, des vertisols.

Ces cours d'eau coulent au milieu d'une surface relativement plane semblable à un immense glacis qu'ils ont entaillé superficiellement. Les sols de celui-ci sont recouverts, par taches discontinues, d'un cailloutis quartzeux roulé qui leur donne l'apparence d'un "reg". Il s'agit de sols hydromorphes peu perméables tendant déjà, morphologiquement, vers des sols halomorphes. De texture argilo-sableuse avec une fine couverture sableuse superficielle, ils portent une végétation très clairsemée qui les apparente aux "nagas" du bassin alluvionnaire du Logone et Chari. On y observe, en formation très lâche ou parfois en flots : *Lansea humilis*, *Dalbergia malanoxylon*, *Dichrostachys glomerata*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Seyal*, *Acacia senegal* parfois quelques *Anogeissus leiocarpus*... le tapis graminéen est ras, discontinu, composé de *Schoenelfeldia gracilis*, *Aristida funiculata*.

Ces sols, de par leur texture, et par la présence de sodium en quantité assez importante, sont peu perméables. L'eau y stagne sans s'y infiltrer en saison des pluies en multiples mares dans les parties basses, tandis que sur les pentes, même légères, se manifeste une érosion en nappe très intense (Profils M 9, M 10, M 40, M 46, M 48, M 50, M 69).

Des dépressions en sol identique mais généralement plus boisé (*Acacia Seyal* alors dominant) existent par places au milieu de ces "regs". Le sol y est plus profondément fissuré en même temps que s'observent des effondrements. (Profils M 19, M 22, M 38, M 67). Des plaques de vertisols (sols argileux à nodules calcaires et effondrements) existent çà et là (Profil M 3). Elles portent des formations claires d'*Acacia Seyal* et sont recouvertes par places par un cailloutis quartzeux. Une tache importante de ces vertisols existe à l'Ouest de la piste reliant Eref à Birket Fatimé.

Dans cette région, la cuirasse ferrugineuse apparaît très démantelée et n'occupe que de modestes surfaces en légère élévation par rapport au "reg" avoisinant. Elle porte une savane arbustive très claire.

Les affleurements du socle sont assez nombreux et surgissent en petits massifs peu importants (Ab Djidat, Maïgomo, Weïdala...) ennoyés dans des sédiments sableux qui se sont accolés à leur versant sous l'influence des vents. Les sols de ces ensablements sont de type ferrugineux tropical peu lessivé ou brun steppique. Ils portent une végétation arbustive très claire (*Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Sclerocarya Birrea*...) qui tend vers la pseudo-steppe (Profil M 47).

Sur la rive droite du Batha s'étend le Goz Bésé couvert d'une végétation identique et dont les mamelonnements orientés Nord-Sud dénoncent un remaniement éolien ancien.

Toute cette région possède une population relativement dense qui se concentre le long des cours d'eau où l'eau de la nappe est assez abondante dans les lits en saison sèche.

Des concentrations de population se notent aussi autour des multiples petits massifs tandis qu'à l'inverse le "reg", les grandes dépressions sont dépourvus de villages.

Ici encore, ce sont toujours les mêmes cultures traditionnelles qui sont pratiquées : mil de saison des pluies, petit mil, arachide... sur les sols des bourrelets où de piedmont, mil "berbéré" dans les vertisols tandis que le "reg" est inculte.

Les populations qui vivent dans ces régions, les Moubis, s'apparentent aux Dadjos tandis que la bordure du Batha est occupée par des Masmadjé, métis de Kouka et d'Arabes.

Sol peu évolué sur arène granitique
(légère hydromorphie) (M 47)
Vertisol : sol argilo-sableux à nodules calcaires.
Passage au sol halomorphe à alcalis (M 3)
Sol hydromorphe à pseudo-gley sur alluvions
fluviales récentes (M 36)

M 47 M 3 M 36
Maïgomo Sud-Ouest d'Am Sud de
 Sinété Djougol

ÉCHANTILLONS	471	472	31	32	361	362
Profondeur en cm	0-20	80-100	0-20	70-90	3-20	80-100
pH H ₂ O	5,3	7,7	7,4	7,6	6,4	8,5
pH KCℓN	4,5	5,8	6	6,8	4,6	7
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	99	100			98	98
Sable grossier %	58	49	31	27	28	11
Sable fin %	28	32	15	13	25	23
Limon grossier %	5	9	10	8	10	14
Limon fin %	4	6	11	11	11	15
Argile %	5	4	30	38	24	34
Humidité (105°) %	-	-	3	3	2	3
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	0,24		0,84		0,70	
Carbone %	0,14		0,49		0,41	
Azote total ‰	0,20		0,44		0,44	
C/N	7,00		11,10		9,30	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	1,25	1,85	14,05	16,20	4,80	18,30
Mg mé %	0,50	0,50	3,55	3,70	1,05	2,20
K mé %	0,35	0,10	0,40	0,30	0,20	0,30
Na mé %	1,20	0,25	0,30	1,95	0,40	0,90
S mé %	3,30	2,60	18,30	22,15	6,45	21,70
Na/Ca échang. %				12,00		
SELS SOLUBLES						
Ca mé %					1,00	1,00
Mg mé %					1,30	0,60
K mé %					0,20	0,20
Na mé %					0,70	2,20
TOTAL					3,20	4,00
CO ₃ mé %					-	-
CO ₃ H mé %					1,20	2,80
SO ₃ mé %					1,50	1,20
Cℓ %					-	0,20
TOTAL					2,70	4,20
Extrait de Sat. C à 25°					1,40	2,10
STRUCTURE (IS (K cm/h)	0,77 1,60	0,84 0,85	4,05 2,83	6,73 0,33	5,84 0,24	6,52 0,76

Sols hydromorphes à pseudo-gley sur matériau
argilo-sableux à couverture sableuse superficielle

	M 9		M 10		M 19	
	Est de Gouroufa		Sud d'Amgatoura		Sud de Birket Fatimé	
ÉCHANTILLONS	91	92	101	102	191	192
Profondeur en cm	0-10	90-110	4-20	70-90	0-20	60-80
pH H ₂ O	6,4	7,9	6,9	8,4	5,4	8,3
pH KC l N	5,4	6,3	5,4	6,7	4,2	6,7
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	100	91	86	90	98	97
Sable grossier %	45	27	35	23	50	31
Sable fin %	16	9	15	9	22	20
Limon grossier %	12	8	12	9	6	6
Limon fin %	15	15	12	14	6	7
Argile %	11	38	24	41	15	33
Humidité (105°) %	1	3,5	2	4	1	3
C03 Ca %	traces	-				
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %	1,01		1,01		0,91	
Carbone %	0,59		0,59		0,53	
Azote total ‰	0,42		0,39		0,49	
C/N	14,00		15,10		10,80	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	-	15,80	8,80	22,50	2,45	13,35
Mg mé %	2,80	3,60	3,70	5,90	1,10	2,35
K mé %	0,25	0,45	0,35	0,55	0,10	0,20
Na mé %	0,65	1,10	0,40	1,55	0,10	1,35
S mé %		20,95	13,25	30,50	3,65	17,25
Na/Ca échang. %		7,00		6,90		10,10
Na/S échang. %		5,20		5,10		7,80
STRUCTURE (IS						
(K cm/h	2,66	7,66	2,97	5,51	7,74	7,44
	1,21	1,11	1,16	1,24	0,85	1,54

Sols hydromorphes à pseudo-gley sur matériau argilo-sableux (M 22), argileux à couverture sableuse superficielle (M 67)

M 22 M 67
Ouest Est de
d'Am Sinété Dar Oumar

ÉCHANTILLONS	221	222	223	671	672
Profondeur en cm	0-20	50-60	90-110	0-20	40-60
pH H ₂ O	5,8	5,8	7,3	6,2	7,2
pH KC & N	4,6	4,6	5,7	5,1	5,5
<u>GRANULOMÉTRIE</u>					
Terre fine %				99	83
Sable grossier %	41	32	24	52	16
Sable fin %	29	24	17	27	10
Limon grossier %	10	6	7	10	6
Limon fin %	5	1	9	6	9
Argile %	15	29	40	5	55
Humidité (105°) %	0,5	2,5	3,5	-	4
C03 Ca %				traces	traces
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>					
Mat. org. tot. %	0,55			0,58	
Carbone %	0,32			0,34	
Azote total ‰	0,38			0,36	
C/N	8,40			9,40	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>					
Ca mé %	3,00	8,45	14,55	2,05	19,10
Mg mé %	1,90	1,70	4,65	1,05	4,20
K mé %	0,40	0,25	0,35	0,20	0,40
Na mé %	0,10	0,25	0,60	0,10	1,85
S mé %	5,30	10,65	20,15	3,40	25,55
Na/Ca échang. %					9,70
Na/S échang. %					7,20
<u>EXTRAIT DE SATURATION</u>					
C à 25°					0,70
<u>STRUCTURE (IS</u>					
(K cm/h	2,14	4,42	3,59	1,69	6,88
	0,60	1,15	1,81	0,93	0,48

Sols hydromorphes à pseudo-gley sur matériau
argilo-sableux

M 38 M 40 M 48
Sud-Est de Nord de Sud-Est de
Dabazin Labado Farérik

ÉCHANTILLONS	381	382	401	402	481	482
Profondeur en cm	0-20	70-90	0-20	70-90	0-20	60-70
pH H ₂ O	6,7	8,1	5,9	7,7	6	6,8
pH KC & N	5,7	6,7	5	6,5	4,5	4,9
GRANULOMÉTRIE						
Terre fine %	96	98			88	95
Sable grossier %	22	21	31	29	35	26
Sable fin %	13	18	17	16	17	15
Limon grossier %	9	9	8	7	6	6
Limon fin %	16	16	12	13	10	9
Argile %	37	33	29	32	29	41
Humidité (105°) %	3	3	3	3	3	3,5
C03 Ca %	-	0,4				
MATIÈRE ORGANIQUE						
Mat. org. tot. %			1,12		0,69	
Carbone %			0,65		0,40	
Azote total %			0,64		0,39	
C/N			10,10		10,20	
BASES ÉCHANGEABLES						
Ca mé %	19,50	24,05	9,30	14,80	6,65	13,45
Mg mé %	4,45	3,60	3,40	2,40	3,80	5,55
K mé %	0,75	0,50	0,25	0,35	0,35	0,20
Na mé %	0,25	2,20	0,55	1,20	0,35	1,20
S mé %	24,95	30,35	13,60	18,75	11,15	20,40
Na/Ca échang.		9,15		8,10	5,30	8,90
Na/S échang.		7,25		6,40	3,10	5,90
STRUCTURE (IS						
(K cm/h	1,73	2,90	3,14	3,22	5,67	7,71
	1,55	1,03	0,75	0,75	0,73	0,75

Sols hydromorphes à pseudo-gley sur matériau
argilo-sableux (M 50, M 69), à nodules calcaires (M 46)

	M 50		M 69		M 46	
	Est de Farérik		Sud d'Am Khoumi		Nord-Est de Moura Gilbo	
ÉCHANTILLONS	501	502	691	692	461	462
Profondeur en cm	0-20	60-80	0-20	70-90	0-20	80-100
pH H O	6,4	7,6	7,2	8,5	6,3	8,8
pH KCℓ N	4,9	6	5,9	7	4,8	7,1
<u>GRANULOMÉTRIE</u>						
Terre fine %	89	69			92	97
Sable grossier %	47	29	29	25	28	22
Sable fin %	15	13	15	15	18	14
Limon grossier %	8	7	7	9	7	7
Limon fin %	8	8	10	11	8	10
Argile %	20	39	35	36	36	44
Humidité (105°) %	2	4,5	4	4	3	3,5
C03 Ca %	-	traces			-	0,4
<u>MATIÈRE ORGANIQUE</u>						
Mat. org. tot. %	0,63		0,60		0,86	
Carbone %	0,37		0,35		0,50	
Azote total %	0,42		0,39		0,42	
C/N	8,80		8,90		11,90	
<u>BASES ÉCHANGEABLES</u>						
Ca mé %	8,65	23,55	25,20	26,35	23,50	23,75
Mg mé %	2,15	3,70	4,45	4,80	1,15	5,45
K mé %	0,30	0,20	0,35	0,35	0,35	0,30
Na mé %	0,85	1,45	0,45	2,55	0,90	2,40
S mé %	11,95	28,90	30,45	34,05	25,90	31,90
Na/Ca échang. %	9,80	6,10	1,80	9,60		10,10
Na/S échang. %	7,10	5,00	1,40	7,50		7,50
<u>SELS SOLUBLES</u>						
Ca mé %		1,20				
Mg mé %		0,60				
K mé %		0,20				
Na mé %		2,20				
TOTAL		4				
C03 mé %		2,40				
C03H mé %		2,40				
S04 mé %		0,60				
Cℓ mé %		0,20				
TOTAL		3,20				
EXTRAIT SAT. C à 25°						
		2,8				
STRUCTURE (IS (K cm/h)						
	4,8	3,01	2,06	5,31	5,14	7,53
	0,75	0,98	1,13	0,83	0,51	1,16

CONCLUSIONS

Nous rappellerons brièvement, avant de parler des sols, les caractéristiques botaniques, géologiques de la région englobée dans ces deux feuilles situées entre les 11 et 13^e parallèles de latitude Nord.

Cette région localisée en zone climatique sahélo-soudanienne (Abou Déia pluviométrique 888,1 mm ; Mangalmé 529,5 mm) est relativement plane si l'on excepte les massifs de Mangalmé 859 m et d'Abou Déia 967 m, et descend en pente douce vers le Sud-Est (dépression du Bahr Djourf 412 m et vers le Nord-Ouest Bahr Batha 370 m). Une ligne de crêtes coupe en diagonale la feuille de Mangalmé et sert de limite à deux bassins : celui du Batha au Nord, celui du Bahr Djourf - Salamat au Sud.

Les formations que l'on observe en dehors des massifs granitiques sont d'origine sédimentaire. Ce sont par ordre d'ancienneté :

- la surface ferrallitique qui subsiste à l'état de buttes témoins
- les formations de cuirasses ferrugineuses.

Toutes deux sont à rattacher au tertiaire ou quaternaire ancien.

- la série sableuse ancienne
- la série argileuse à nodules calcaires et celle des "regs"
- la série argileuse récente
- la série alluviale subactuelle à actuelle

Ces quatre dernières séries sont d'âge quaternaire moyen à récent.

La végétation qui se développe sur les sols est à la fois fonction du climat et de la nature de ceux-ci.

Sur les formations cuirassées s'observent des boisements en flots composés d'épineux : *Albizzia Chevalieri*, *Acacia ataxacantha*, *Capparis corymbosa*, *Ziziphus mauritiaca*, *Dichrostachys glomerata*... tandis que les dépressions entre les cuirasses portent des savanes arborées plus ou moins denses : *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Bauhinia reticulata*...

Les dépressions très inondées sont occupées par une prairie marécageuse à Andropogonées. Sur les bourrelets des cours d'eau la végétation est fonction de la texture du sol de la profondeur de la nappe et de phénomènes d'alcalisation. Ces derniers se traduisent par une végétation très clairsemée aux espèces bien définies que nous retrouverons également sur les sols argilo-sableux des "regs" (*Lansea humilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Seyal*...).

Enfin dans les massifs : *Boswellia Dalzielii*, *Sterculia tomentosa*... sont les espèces dominantes.

Les sols de ces deux feuilles sont relativement variés.

Les sols peu évolués occupent des étendues importantes. Ils se sont développés sur granites ou sur cuirasses ferrugineuses. Les premiers forment un complexe de glacis avec d'autres types de sols autour des principaux massifs ; les seconds couvrent avec des vertisols, les 2/3 de la feuille d'Abou Déia et la partie sud-est de celle de Mangalmé. Peu épais 30 à 50 cm, ces derniers sont de valeur médiocre et peu cultivés, à l'exception de rares emplacements. Ces sols, notamment ceux sur cuirasses, subissent des phénomènes d'engorgement en saison des pluies et sont très sensibles à l'érosion. Ils servent de lieux de transhumance au bétail en saison des pluies.

Les sols peu évolués d'apport plus profonds, souvent très jeunes sur alluvions fluviales ou colluvions des massifs sont fertiles et recherchés par les autochtones pour les cultures les plus diverses et notamment celle du coton (bourrelet du bahr Djourf) avec des rendements élevés (1 tonne/hectare). On peut déplorer leur faible perméabilité et leur mauvaise structure. Leurs surfaces sont malheureusement peu étendues, limitées à une partie du bourrelet lui-même formé d'un complexe de sols.

Les vertisols argileux à nodules calcaires et effondrements occupent des surfaces importantes entre les affleurements de cuirasse sur la feuille d'Abou Déia et, plus au Nord, des dépressions d'étendue variable au milieu du "reg". Ils sont généralement inondés une partie de l'année tandis qu'en saison sèche un microrelief accusé rend leur pénétration assez difficile.

Leur valeur agronomique est moyenne à bonne avec des déficiences marquées en P2 O5. Actuellement, de très faibles étendues sont cultivées en mil tardif repiqué. Ceci tient au fait qu'ils sont associés bien souvent aux sols peu évolués sur cuirasse et que ces derniers se prêtent mal à l'implantation de villages (nappe phréatique profonde ou inexistante). Ils servent également de lieux de pâture aux troupeaux en Décembre-Janvier avant les feux de brousse ainsi qu'après les premières pluies. Les argiles noires tropicales observées le long des cours d'eau (Bahr Djourf, affluents du Batha) sont utilisées de façon identique mais dans des régions plus densément peuplées.

Les sols à sesquioxydes sont peu représentés dans ces régions.

Autour de quelques massifs (Mangalmé, Abgé...) se notent quelques rares taches de sols ferrugineux tropicaux rouges peu développés formés sur matériau ferrallitique ancien souvent fortement remaniés, ils sont mêlés de produits détritiques graveleux en provenance des massifs granitiques. Leur complexe est assez fortement désaturé et leur richesse agronomique très faible avec des déficiences en N, P, K. Ils sont utilisés pour la culture du mil de saison de pluies.

Des sols ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés s'observent également dans le Nord de la feuille de Mangalmé autour des massifs granitiques où ils forment des accolements sableux. Leur valeur agronomique est également médiocre avec des carences identiques à celles signalées précédemment. Ces sols font la transition avec des sols bruns steppiques de valeur analogue. Tous sont très cultivés et portent mil, petit mil, arachide.

On note également, mais plus au Sud, des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ferrugineuses ainsi qu'à cuirasse. Leur étendue est modeste ainsi que leur valeur agronomique. Ils constituent quelques buttes sableuses dans la dépression du bahr Djourf et des taches au milieu de la zone cuirassée.

Des sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley à taches et rares concrétions ferrugineuses sont également représentés sur ces deux feuilles. On les trouve sur divers types de matériau :

sur matériau argileux lacustre (Bahrs Aouis, Sakay, Djourf), ou, très inondés, ils sont incultes et servent de lieux de paturage du cheptel bovin en pleine saison sèche ;

sur cuirasse ferrugineuse (zone cuirassée). Ils sont de médiocre valeur et généralement incultes car les phénomènes d'engorgement y sont importants en saison des pluies ;

sur alluvions fluviatiles récentes (bourelets des multiples cours d'eau) en complexe avec d'autres types de sols (sols peu évolués, vertisols, sols halomorphes...). Leur valeur agronomique est variable, bonne dans le Sud dans des sols de texture fine, elle est moyenne à médiocre dans la partie nord de la feuille de Mangalmé, les terres étant alors très sableuses. Ces sols sont très recherchés pour les cultures vivrières : mil, petit mil, arachide, pois de terre, mil "berbéré"... coton.

sur matériau argilo-sableux des "regs" pourtour des massifs ; Nord et Est de la feuille de Mangalmé. Bien pourvus en bases échangeables, ils présentent déjà souvent des quantités de Na plus ou moins importantes et ont une faible perméabilité et une mauvaise structure. Ils sont généralement incultes.

Des sols halomorphes s'observent principalement sur la feuille de Mangalmé. Il s'agit de sols à structure modifiée, non lessivés à alcalis (sols sur alluvions fluviatiles récentes), ou lessivés à alcalis : solonetz, solonetz solodisés (sols sur matériau argilo-sableux des "regs"). La distinction avec les homologues hydromorphes n'est pas aisée et l'analyse chimique ne révèle pas toujours les quantités importantes de Na échangeable que l'on s'attendait à trouver. La structure est également mauvaise, la perméabilité faible. Les sels solubles (bicarbonate et sulfate de sodium) existent en faibles quantités. Ces sols sont incultes.

Ces deux feuilles se divisent en quatre unités pédologiques ou pédogéomorphologiques nettes. Ce sont :

Les affleurements du socle (massifs d'Abou Déia, Abou Telfan, Mangalmé...) ou aux sols minéraux bruts s'associent des sols peu évolués, des sols hydromorphes minéraux, des vertisols, des sols halomorphes, des sols rouges d'origine ferrallitique ancienne. Le tout formant un complexe de piedmont.

Les affleurements de cuirasses ferrugineuses (2/3 de la feuille d'Abou Déia, corne Sud-Est de celle de Mangalmé) où dominent la cuirasse ferrugineuse et des sols peu évolués formés sur celle-ci ainsi que des sols hydromorphes ou ferrugineux tropicaux lessivés. Les dépressions entre les cuirasses sont occupées par des vertisols.

Le couloir alluvial du Bahr Djourf où s'observent vertisols, sols hydromorphes ou peu évolués, sur alluvions fluviales, sols halomorphes...

Les bassins des affluents de la rive gauche du Batha où dominent sols hydromorphes et halomorphes à alcalis sur matériau argilo-sableux tandis que les cours d'eau sont bordés d'un complexe alluvial formant les bourrelets où alternent sols peu évolués, vertisols, sols hydromorphes et sols halomorphes. La cuirasse est encore présente par taches et des sols ferrugineux peu lessivés, des sols bruns stepmiques forment des ensablements autour de petits massifs granitiques.

*

*

*

Nous retiendrons de cette étude, l'extension prise par divers types de sols :

les sols peu évolués sur cuirasse ferrugineuse auxquels s'ajoutent des sols hydromorphes et des sols ferrugineux tropicaux lessivés. Ils couvrent 8 500 km² environ (6 000 km² feuille d'Abou Déia, 2 500 km² feuille de Mangalmé). Ce type de sol, mis à part quelques sols associés, mérite peu d'attention si ce n'est qu'il est étroitement lié aux vertisols qui occupent les dépressions entre les affleurements de cuirasse. Ces régions sont, par ailleurs, pratiquement inhabitées.

les vertisols couvrent 6 500 km² (4000 km² feuille d'Abou Déia, 2 500 km² feuille de Mangalmé) ont une valeur certaine qui ne s'affirme que lorsqu'ils s'observent associés à des sols hydromorphes sur alluvions fluviales, des sols ferrugineux tropicaux où se concentrent les villages. Ils sont alors cultivés en mil "berbéré".

les sols hydromorphes ou halomorphes à alcalis sur matériau argilo-sableux couvrent environ 3 800 km² presque entièrement situés sur la feuille de Mangalmé. Ils sont incultes et difficilement récupérables.

les sols constituant le glacis des massifs occupent 4 500 km² (2 500 km² sur la feuille d'Abou Déia, 2 000 km² sur la feuille de Mangalmé) vont de sols minéraux bruts à des sols hydromorphes sur matériau argilo-sableux parfois à alcalis. On peut estimer au 1/4 la surface réellement utilisable. C'est cependant dans ces parties que se concentre la population (feuille d'Abou Déia, pourtour du massif de Mangalmé). Ceci grâce à la présence d'une nappe phréatique sinon abondante du moins permanente.

les sols peu évolués, les sols hydromorphes sur alluvions fluviales s'étendent sur environ 1 800 km² - (600 km² sur la feuille d'Abou Déia, 1 200 km² sur la feuille de Mangalmé) encore que certaines parties, de par leur tendance halomorphe, sont impropres à toute culture. Ce sont dans leur ensemble, d'excellents sols, très recherchés et les villages s'installent fréquemment dans leur voisinage.

les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, les sols bruns steppiques également très prisés couvrent des étendues plus modestes 400 km² presque entièrement situés sur la feuille de Mangalmé.

Nous voyons ainsi que les sols susceptibles de porter les cultures de saison des pluies (mil, petit mil, arachide, pois de terre... coton) sont représentés par environ :

1 200 à 1 500 km² (Abou Déia)

2 000 à 2 500 km² (Mangalmé)

soit le 1/10e et le 1/5e de la superficie totale.

Ceci explique les faibles concentrations de population, la nécessité qu'il y aurait à maintenir le potentiel de fertilité de sols qui portent les cultures vivrières traditionnelles par apports d'engrais ou amendements.

Un plus grand développement toujours possible de la culture du mil "berbéré" repiqué en fin de saison des pluies dans les vertisols permettrait une meilleure utilisation des terres et le développement de la jachère dans les types de sols de texture légère, actuellement les plus cultivés.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ABADIE (J) - FRANZ (H) 1957 : Contribution à la connaissance de la stratigraphie et climatologie du quaternaire dans le bassin du Tchad. Rapport de mission inédit.
- (2) AUBERT (G) 1958 : Cours professé au centre d'enseignement de Pédologie de l'ORSTOM. Année 1957.
- (3) AUBERT (G) 1965 : Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'ORSTOM (1965). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. III, fasc. 3, pp. 269-288.
- (4) BOCQUIER (G) 1964 : Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance. Feuille d'Am Dam, 88 p. 1 cahier fiches analytiques. 1 carte au 1/200 000e. Publication provisoire centre ORSTOM de Fort-Lamy.
- (5) BOCQUIER (G) 1964 : Présence et caractères de solonetz solodisés tropicaux dans le bassin Tchadien. Congr. Int. Sci. Sol. 8. 1964. Bucarest. Rés. V, pp. 381-384.
- (6) LEWIS (G.C) - FOSBERG (M.A) 1964 : La genèse et les propriétés des sols solodisés de type solonetz dans les sierozems et les sols bruns d'Idaho. Congr. Int. Sci. Sol. 8. 1964. Bucarest. Rés. VII, pp. 145-147.
- (7) MAIGNIEN (R) 1958 : Le cuirassement des sols en Guinée. Mémoire du service de la carte géologique d'Alsace-Lorraine n° 16 Strasbourg. 239 p.
- (8) MARIUS (C) 1964 : Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance. Feuille de Dagéla 47 p. 1 carte au 1/200 000e. Notice n° 17 ORSTOM - Paris.
- (9) PIAS (J) 1960 : Sédimentation au quaternaire dans l'Est de la cuvette tchadienne (Massifs du Ouaddaï et de l'Ennedi. Plaines de piedmont). C.R. Acad. Sci. t. 250, pp. 1514-1516.

- (10) PIAS (J) 1962 : Les sols du moyen et bas Logone, du bas Chari, des régions riveraines du Lac Tchad et du Bahr el Ghazal, 438 p., 15 cartes. Mémoire ORSTOM n° 2 - Paris.
- (11) PIAS (J) 1964 : Notices explicatives. Cartes pédologiques de reconnaissance. Feuilles d'Abéché, Biltine, Oum-Hadjer, 105 p. 3 cartes au 1/200 000e. Notice n° 13 ORSTOM - Paris.
- (12) PIAS (J) - POISOT (P) 1965 : Notices explicatives. Cartes pédologiques de reconnaissance. Feuilles de Bokoro, Guéra, Mongo, 146 p. 3 cartes au 1/200 000e. Notice n° 16 ORSTOM - Paris.
- (13) PIAS (J) - BARBERY (J) 1965 : Notices explicatives. Cartes pédologiques de reconnaissance. Feuilles de Lac Iro-Djouna, 98 p. 2 cartes au 1/200 000e. Notice n° 25 ORSTOM - Paris.
- (14) RIVIERE (A) 1954 : Généralisation de la méthode des faciès granulométriques. Evaluation de la dispersion aléatoire. C.R. Acad. Sci., t. 238, pp. 2326-2328.
- (15) SEGALEN (P) 1964 : Le fer dans les sols. 150 p. Initiation documentation technique n° 4 ORSTOM - Paris.
- (16) SERVICE HYDROLOGIQUE DU CENTRE ORSTOM Fort-Lamy
Etude d'écoulement en régime sahélien. Massif du Ouaddai. A/ Le bassin du Batha. Publication centre ORSTOM Fort-Lamy.
- (17) VINCENT (P) 1955 : Rapport de fin de mission 1953-1954. Feuille d'Am Dam Ouest. Rapport multigraphié. Service des Mines Brazzaville.

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

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay, 93 - BONDY

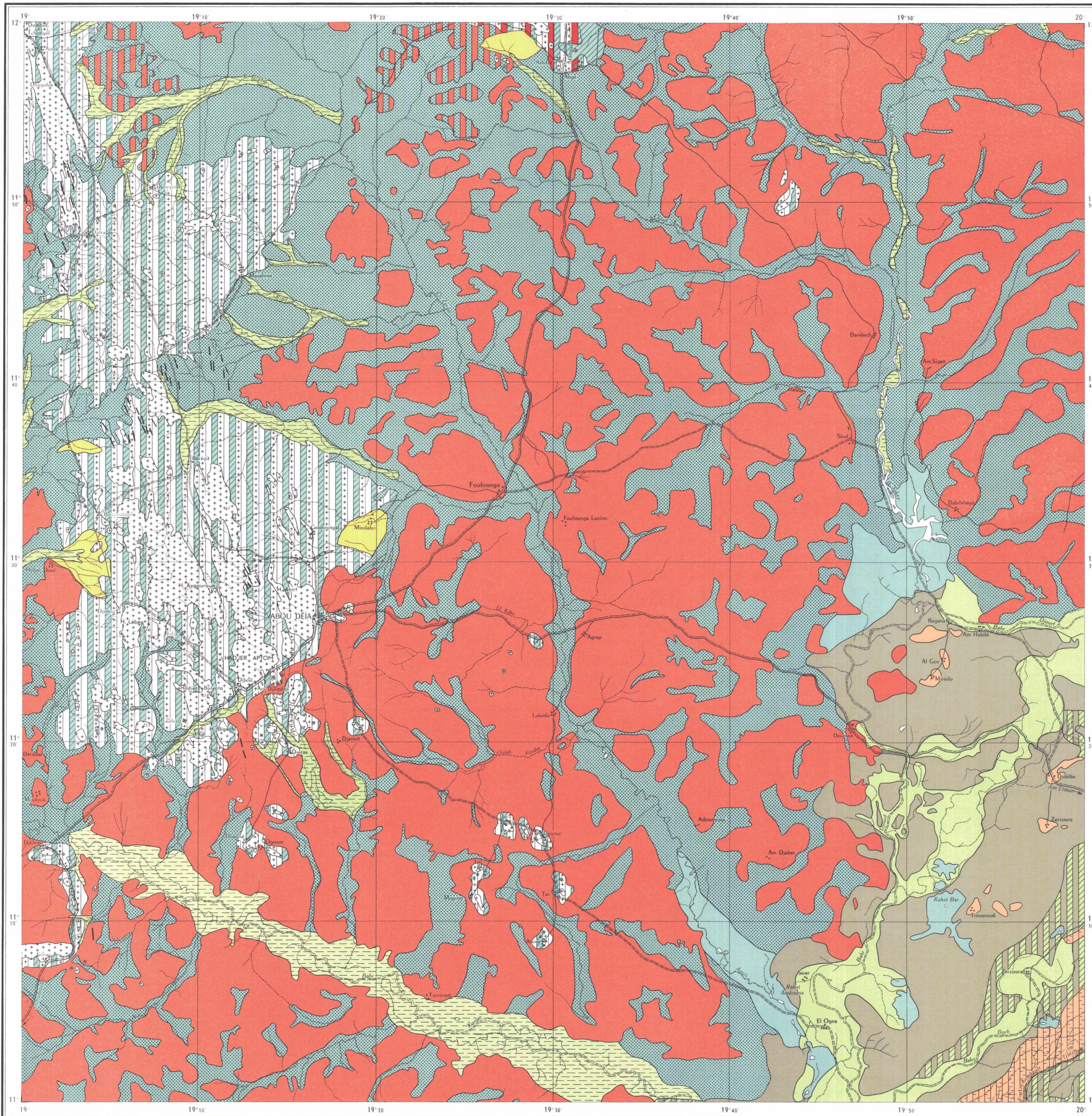
Centre de Fort-Lamy :

B. P. 65 - FORT-LAMY (Rép. du Tchad)

O. R. S. T. O. M. Editeur
Dépôt légal : 4^e trim. 1967

CARTE PÉDOLOGIQUE ABOU DÉÏA

MISSION 1962 J. PIAS P. POISOT



L É G E N D E

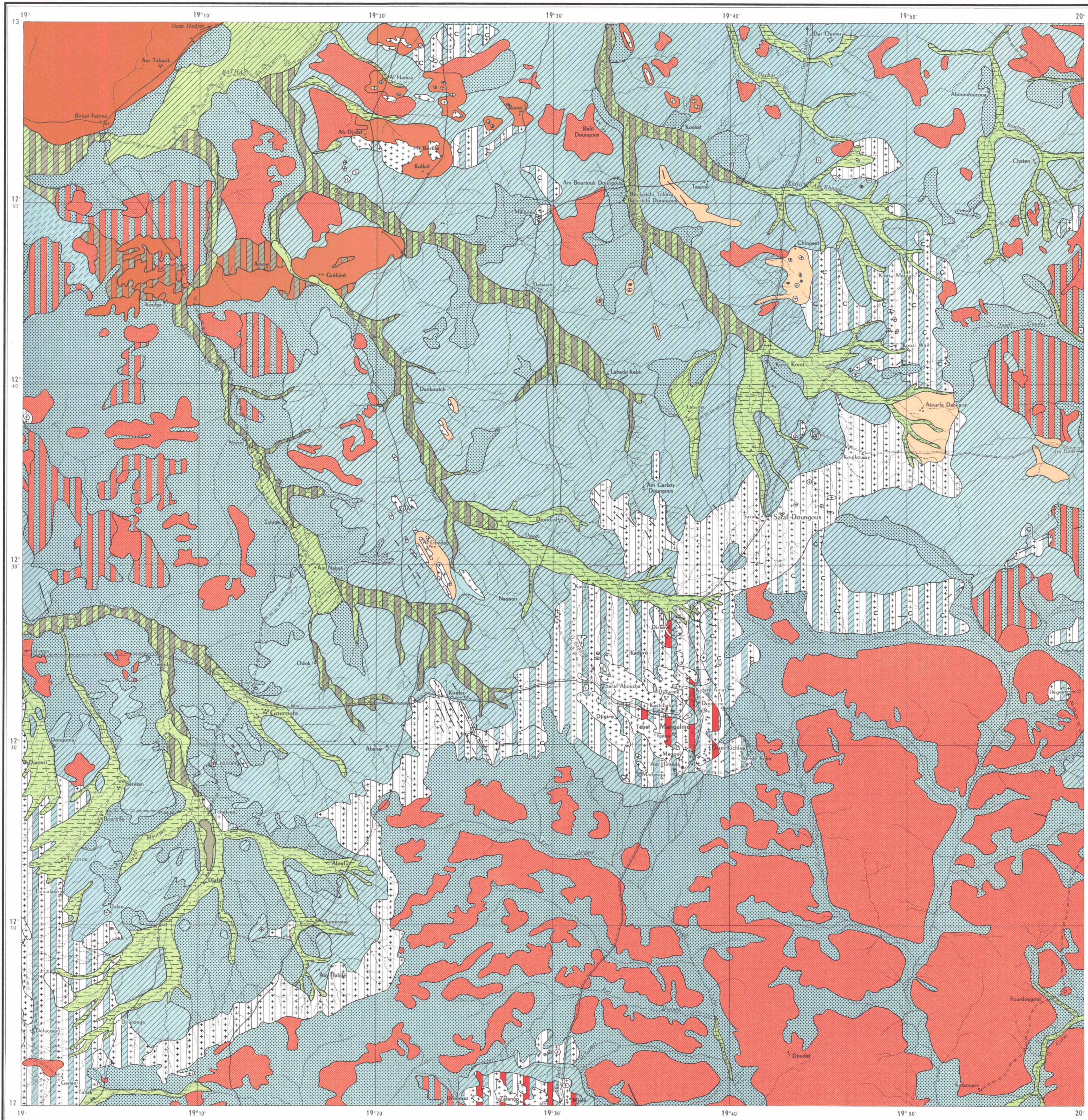
- I - SOLS MINÉRAUX BRUTS**
SOLS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
SOLS D'ÉROSION OU SOUELETTIQUES
- 1₁ Roches et débris de roches (granites).
 - 1₂ Cuirasses ferrugineuses.
- II - SOLS PEU ÉVOLUÉS**
SOLS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
SOLS D'ÉROSION
LITHIQUES
- II₁ Sur roches granitiques.
 - II₂ Sur cuirasses ferrugineuses.
- SOLS D'APPORT. BIEN DRAINÉS.
- III₃ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses.
- III - VERTISOLS**
VERTISOLS À PÉDOCLIMAT TRÈS HUMIDE
VERTISOLS HYDROMORPHES LARGEMENT
STRUCTURÉS PARFOIS À DÉBUT DE STRUCTU-
RATION FINE EN SURFACE
A EFFONDEMENTS ET NODULES CALCAIRES
- III₁ Sur matériau fluvio-lacustre argilo-sableux à argileux.
 - SANS EFFONDEMENT. NODULES CALCAIRES ABSENTS
OU PEU ABONDANTS
 - III₂ Sur matériau fluvio-lacustre argileux. (Argile noire tropicale).
- VIII - SOLS À SESQUIOXYDES**
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX
SOLS LESSIVÉS
PEU DÉVELOPPÉS
- VIII₁ Sur matériau rouge ferrallitique ancien, sableux à sablo-argileux
 - A TACHES ET DÉBUT DE CONCRÉTIONNEMENT
 - VIII₂ Sur matériau sableux à sablo-argileux.
 - A CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES ET CUIRASSE
 - VIII₃ Sur matériau sableux à argilo-sableux.
 - A PSEUDO-GLEY DE PROFONDEUR
 - VIII₄ Sur matériau sableux à sablo-argileux.
- IX - SOLS HALOMORPHES**
SOLS À STRUCTURE MODIFIÉE
SOLS NON LESSIVÉS À ALCALIS
- IX₁ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses (bourrelets latéraux de fleuves ou défluent). Taches de II 3, IX 2
- SOLS LESSIVÉS À ALCALIS
SOLONETZ ET SOLONETZ SOLODISÉS
- IX₂ Sur matériau argilo-sableux. Associés à des sols hydromorphes de texture analogue.
- X - SOLS HYDROMORPHES**
SOLS MINÉRAUX
SOLS À PSEUDO-GLEY
A TACHES ET PARFOIS CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES
- X₁ Sur matériau sableux à sablo-argileux.
 - X₂ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses (bourrelets latéraux de fleuves ou défluent). Taches de II 3
 - X₃ Sur alluvions récentes de texture diverse, souvent argilo-limoneuses ou argileuses recouvrant le matériau argilo-sableux à nodules calcaires sous-jacent. Taches de III 1.
 - X₄ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses (dépressions, terrasses). Taches de II 3
- SOLS À GLEY
DE PROFONDEUR
- X₅ Sur matériau argilo-sableux à argileux.
- JUXTAPOSITIONS**
- 1₁, II₁. Par taches : IX₂, I₂, VIII₃.
 - VIII₃, II₂, I₂. Par taches X₁
 - I₂, VIII₃, III₁.
 - I₁, II₁, VIII₁. Par taches IX₂, I₂, VIII₃.
 - IX₁, III₂. Par taches II₃, IX₂, X₂
 - VIII₂, VIII₄. Par taches IX₁, X₁.



CARTE PÉDOLOGIQUE MANGALMÉ

MISSION 1962 J. PIAS P. POISOT

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER
CENTRE O.R.S.T.O.M. DE FORT-LAMY



L É G E N D E

- I - SOLS MINÉRAUX BRUTS**
SOLS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
SOLS D'ÉROSION OU SQUELETTIQUES
- 1₁ Roches et débris de roches (granites).
 - 1₂ Cuirasses ferrugineuses.
- II - SOLS PEU ÉVOLUÉS**
SOLS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
SOLS D'ÉROSION
LITHIQUES
- II₁ Sur roches granitiques.
 - II₂ Sur cuirasses ferrugineuses.
- SOLS D'APPORT. BIEN DRAINÉS.
- II₃ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses.
- III - VERTISOLS**
VERTISOLS À PÉDOCLIMAT TRÈS HUMIDE
VERTISOLS HYDROMORPHES LARGEMENT
STRUCTURÉS PARFOIS À DÉBUT DE STRUCTURATION FINE EN SURFACE
A EFFONDEMENTS ET NODULES CALCAIRES
- III₁ Sur matériau fluvio-lacustre argilo-sableux à argileux.
 - SANS EFFONDEMENT. NODULES CALCAIRES ABSENTS OU PEU ABONDANTS
 - III₂ Sur matériau fluvio-lacustre argileux. (Argile noire tropicale).
- V - SOLS ISOHUMIQUES**
SOLS ISOHUMIQUES A COMPLEXE SATURÉ
(PÉDOCLIMAT CHAUD PENDANT LA SAISON DES PLUIES)
SOLS SUBARIDES
BRUNS OU BRUN-ROUGE
- V₁ Sur matériau sableux. Passage aux sols ferrugineux tropicaux peu ou non lessivés.
- VIII - SOLS A SESQUIOXYDES**
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX
SOLS PEU OU NON LESSIVÉS
PEU LESSIVÉS EN FER
- VIII₁ Sur matériau sableux beige.
- SOLS LESSIVÉS
PEU DÉVELOPPÉS
- VIII₂ Sur matériau rouge ferrallitique ancien, sableux à sablo-argileux
 - A CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES ET CUIRASSE
 - VIII₃ Sur matériau sableux à argilo-sableux.
- IX - SOLS HALOMORPHES**
SOLS À STRUCTURE MODIFIÉE
SOLS NON LESSIVÉS À ALCALIS
- IX₁ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses (bourrelets latéraux de fleuves ou défluent). Taches de IX₁, IX₂.
 - IX₂ Sur matériau argilo-sableux. Taches de V₁, X₁.
- SOLS LESSIVÉS À ALCALIS
SOLONETZ ET SOLONETZ SOLOIDÉS
- IX₃ Sur matériau argilo-sableux. Associés à des sols hydromorphes de texture analogue.
- X - SOLS HYDROMORPHES**
SOLS MINÉRAUX
SOLS À PSEUDO-GLEY
A TACHES ET PARFOIS CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES
- X₁ Sur matériau sableux à sablo-argileux.
 - X₂ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses (bourrelets latéraux de fleuves ou défluent). Taches de IX₁, IX₂.
 - X₃ Sur alluvions récentes limono-argileuses... argilo-limoneuses (dépressions, terrasses). Taches de IX₁, IX₂.
- JUXTAPOSITIONS**
- I₁, II₁. Par taches : IX₁, IX₂, VIII₁.
 - VIII₁, II₁, IX₁. Par taches X₁
 - I₁, II₁.
 - I₁, VIII₁, IX₁. Par taches IX₃
 - IX₁, VIII₁, III₁.
 - I₁, II₁, VIII₁. Par taches IX₃, IX₂, VIII₁.
 - IX₁, III₁. Par taches IX₃, IX₂, VIII₁. } e.f. légende
 - V₁, III₁. } de Bokoro
 - C Cuirasse observée soit en affleurement, soit dans les profils.

