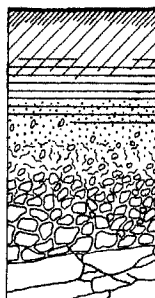


RÉPUBLIQUE DU NIGER
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE RURALE
SERVICE DU GÉNIE RURAL

N° de Convention O. R. S. T. O. M. : 6500/200
Date de parution du Rapport : Déc. 1964

ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DU NIGER CENTRAL

RAPPORT GÉNÉRAL



TECHNIQUE OUTRE-MER



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

L'Etude des sols du NIGER Central constitue la seconde tranche des travaux prévus pour la reconnaissance des terres à vocation agricole et pastorale de la République du NIGER. Elle fit l'objet de la convention passée entre le Ministre de l'Economie Rurale de la République du NIGER et le Directeur Général de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer.

Cette étude se concrétise par le présent rapport et par une carte pédologique de reconnaissance au I/500 000.

Les travaux de terrain ont été effectués de Novembre 1962 à Décembre 1962 par MM. BOCQUIER et GAVAUD et de Janvier 1963 à Juin 1963 par MM. GAVAUD et BOULET. La description de 395 profils fut retenue. 1.200 échantillons furent analysés au laboratoire du Centre de Pédologie de HANN, sous la direction de Melle THOMANN, de Novembre 1963 à Septembre 1964. La carte fut dessinée sur le terrain à l'aide des mosaïques de photographies aériennes de l'Institut Géographique National (PARIS), puis réduite au I/500 000 sur un fond confectionné par nos soins en utilisant une projection et les minutes de restitution photographique de la carte régulière au I/200 000 délivrée par l'Institut Géographique de DAKAR. La maquette fut achevée en Octobre 1963, et son impression en couleur réalisée par le Service de Cartographie de l'ORSTOM à DAKAR en

confiée à R. BOULET

La rédaction du rapport a débuté en Juillet 1963, interrompue de Novembre 1963 à Juin 1964 par la prospection du NIGER Occidental (3ème tranche) elle fut reprise de Juin à Octobre 1964.

Le rapport est composé du présent volume, comprenant l'étude du milieu naturel en relation avec la pédogénèse des sols et leurs propriétés agronomiques, ainsi que l'étude pédologique proprement dite, et d'une annexe où sont exposées les méthodes employées et rassemblés les profils et les analyses citées dans le texte.

+++++



10 JUIN 1965

I - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La présente étude pédologique concerne la partie méridionale du NIGER Central, en continuité vers l'Est avec la région prospectée en 1961-1962.

Les limites de la zone étudiée sont :

- Au Sud : la frontière avec la Fédération du NIGERIA
- A l'Est : le méridien 8° 20' Est.
- A l'Ouest : le méridien 4 ° Est.
- Au Nord : le parallèle 15 ° Nord.

Cette région englobe totalement les circonscriptions de BIRNI N'KONNI, ILLELA, KEITA, BOUZA, MADAOUA, MARADI et, partiellement, celles de DOGONDOUTCHI, FILINGUE, TAHOUA, DAKORO, MAHYAHI, TESSAOUA, TANOUT.

Trois grandes régions naturelles peuvent être distinguées :

- A l'Est la région des goulbis (URVOY 1942) traversée par trois vallées sèches : la vallée de TARKA, le goulbi N'KABA et le goulbi de MARADI, ce dernier étant le seul, avec le goulbi de GAZAOUA, affluent gauche du goulbi N'KABA, à présenter un écoulement temporaire notable chaque année. Cette région est caractérisée en particulier par la grande extension des recouvrements sableux ; elle est limitée à l'Ouest par la côte de l'ADER DOUTCHI, et se termine au Sud-Ouest, entre les deux goulbis, N'KABA et TARKA, par une région presque dépourvue de recouvrements sableux, très érodés : le GOBER.

- Au centre : l'ADER DOUTCHI, vaste plateau entaillé de vallées profondes et limité à l'Est par un relief de côte.

- A l'Ouest : une région assez hétérogène, où alternent les recouvrements sableux et les affleurements du substrat gréseux.

II - LE CLIMAT

II - A - GENERALITES

Le NIGER Central est situé en bordure Nord de la zone climatique Sahélo-Soudanaise. Le climat est caractérisé par :

- une courte saison des pluies n'excédant pas quatre mois, suivie d'une longue saison sèche.

- une température moyenne élevée et une humidité atmosphérique faible.

Au Sud du parallèle 14 ° , on observe, un climat Sahélo-Soudanais typique alors que vers le Nord, sévit une variété particulièrement chaude du climat Sahélo-Saharien.

II - B - LES PRINCIPALES GRANDEURS CLIMATIQUES :

II - B - I Températures :

L'examen du graphique de la planche I montre l'uniformité du régime thermique dans la zone étudiée

Au cours de l'année, on observe successivement un minimum et un maximum de saison sèche en Janvier et Mai, un minimum et un maximum moins accusés en Août et Octobre, durant la saison des pluies.

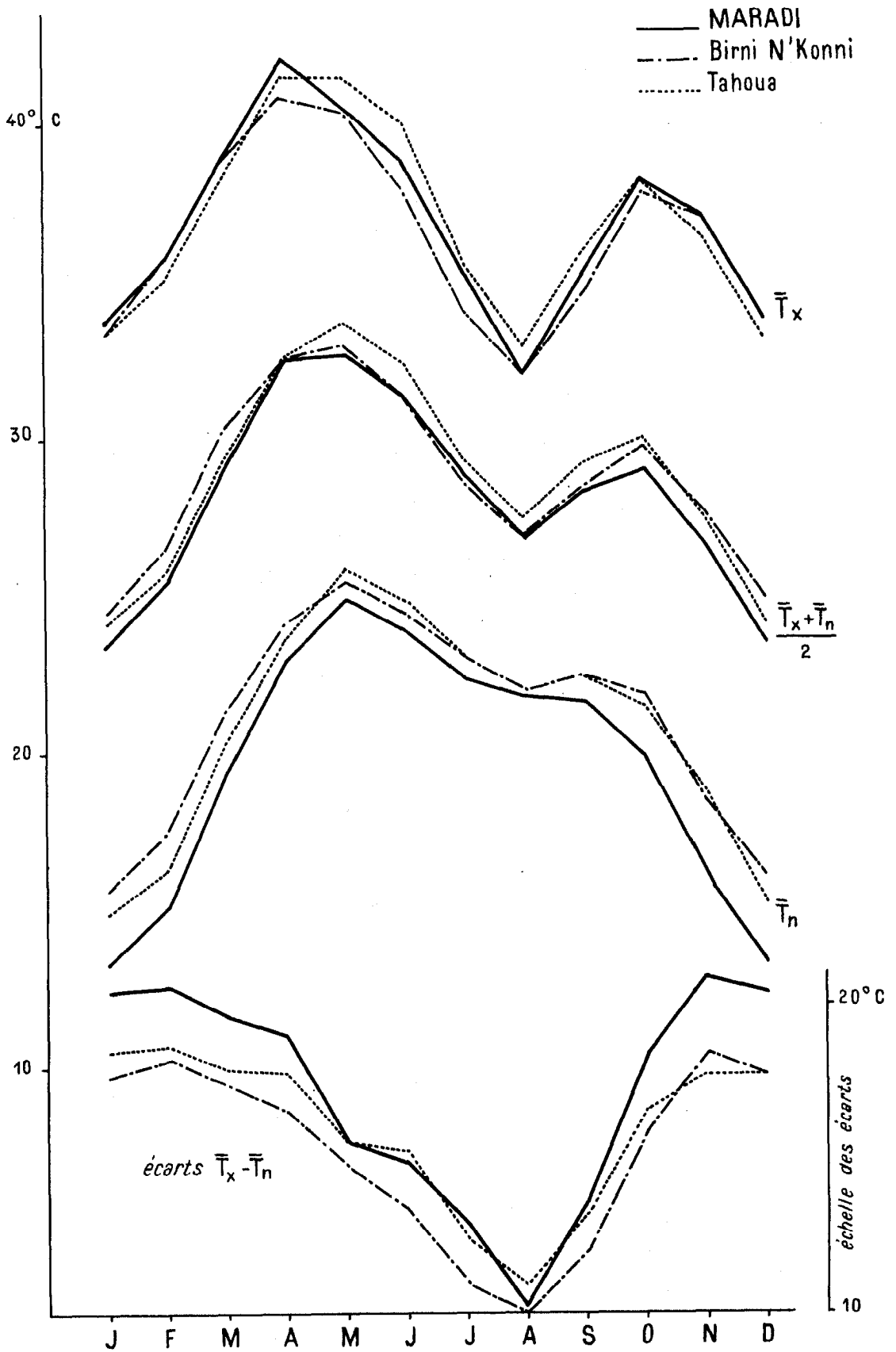
TABLEAU I

LES PRINCIPALES GRANDEURS CLIMATIQUES DES STATIONS DU NIGER CENTRAL

	MARADI	BIRNI N'KONNI	TAHOUA
Climat (selon AUBREVILLE)	Sahélo-Soudanais	Sahélo-Soudanais	Sahélo-Saharien Sud
Température : maximum mensuel	32,7° MAI	32,9° MAI	33,6° MAI
minimum mensuel	23,5° JANV.	24,5° JANV.	24,1° JANV.
amplitude	9,2°	8,4°	9,5°
moyenne	28,2°	28,7°	28,8°
Tension de vapeur d'eau en mb :			
maximum mensuel	26,2 AOÛT	26,8 AOÛT	25,6 AOÛT
minimum mensuel	6,7 FEV	6,8 FEV	5,0 FEV
amplitude	19,5	20,0	20,6
moyenne	16,1	17,0	14,2
Déficit de saturation en mb :			
maximum mensuel	37,1 AVRIL	36,1 AVRIL	41,2 AVRIL
minimum mensuel	8,8 AOÛT	8,8 AOÛT	11,0 AOÛT

NIGER CENTRAL

VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES



	MARADI	BIRNI N'KONNI	TAHOUA
Déficit de saturation (suite)			
amplitude	28,3	27,3	30,2
moyenne	22,2	22,9	25,8
Pluviométrie			
nombre de mois à moins de 30 mm	7	8	8
nombre de mois à plus de 100 mm	3	3	2
normale pluviométrique	523,1 mm	601,6 mm	385,2 mm

Les variations de température avec la latitude sont très faibles. Les températures moyennes mensuelles de TAHOUA sont légèrement supérieures à celles de BIRNI N'KONNI d'Avril à Octobre, sans que cet écart excède 1°2, l'inverse se produit pendant le reste de l'année avec des écarts encore plus faibles ; ceci correspond à un accroissement de l'écart thermique annuel, les températures moyennes annuelles restant très voisines.

II - B 2 - Les précipitations :

La pluviométrie est le principal facteur de variations climatiques au NIGER CENTRAL, qui est situé entre les isohyètes, 300 et 700 (cf. Planche 2) le gradient moyen est d'environ 100 mm pour 50 Km. Par contre la durée de la saison des pluies varie assez peu, l'indice pluviométrique va de 3-2-7 au Sud à 2-2-8 au Nord (cf. tableau III) ; l'accroissement de la pluviométrie est essentiellement dû à l'augmentation du nombre de pluies de moyenne intensité.

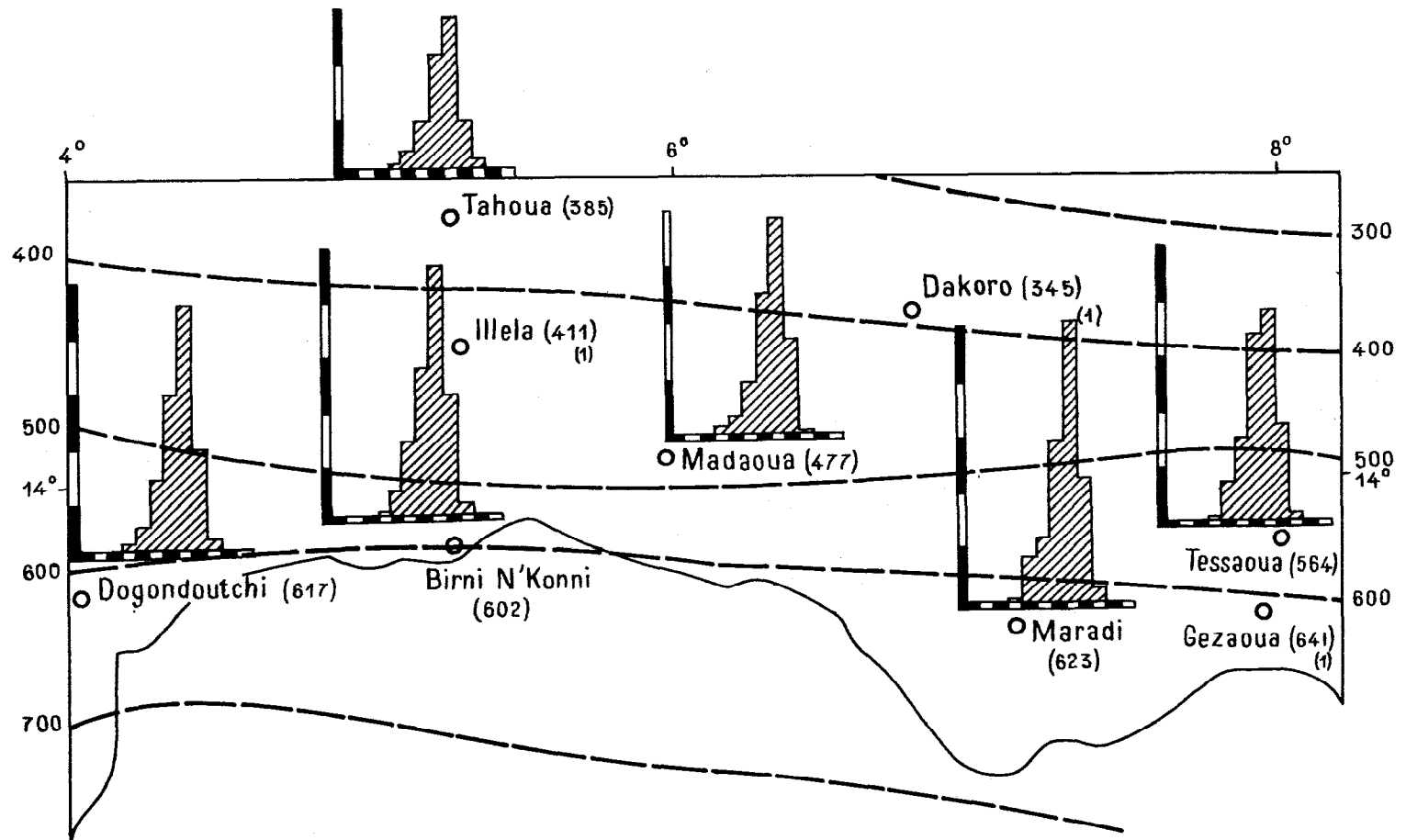
II - B 3 - L'état hygrométrique de l'air :

- humidité absolue -

Les variations saisonnières de l'humidité absolue (tension de vapeur d'eau) se présentent sous la forme d'une oscillation simple avec, pour toutes les stations, un minimum en Janvier et un maximum en Août (cf. planche 3). La courbe représentative de la tension de vapeur d'eau suit la courbe pluviométrique : elle est toutefois légèrement plus étalée, traduisant en Avril la modification progressive du régime des vents, et en Novembre l'effet résiduel de la saison de pluies. Cette courbe, bien que gardant le même aspect, se trouve décalée dans le sens d'une sécheresse croissante lorsque l'on va du Sud au Nord.

DONNÉES CLIMATIQUES NIGER CENTRAL

ISOHYETES ET DIAGRAMMES PLUVIOMÉTRIQUES



Echelle: 1/2.500.000

- Humidité relative -

Les variations saisonnières de l'humidité relative sont analogues à celles de l'humidité absolue, mais le minimum a lieu un mois plus tard, en Mai, par suite de l'accroissement de la température et de l'augmentation consécutive de la tension maximum de vapeur d'eau.

Parallèlement à la pluviométrie, l'humidité relative décroît assez rapidement vers le Nord, elle est inférieure à 20 % pendant 5 mois de l'année à TAHOUA, alors qu'en moyenne, elle ne descend pas au-dessous de cette valeur à MARADI.

- Pouvoir évaporant de l'air -

L'évaporation (évaporomètre Piche) présente un maximum et un minimum absolus en Mars et en Août Septembre, ainsi qu'un maximum et un minimum relatifs très peu accusés en Novembre-Décembre et Janvier (cf. Planche 3)

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques de l'évaporation au NIGER CENTRAL.

EVAPORATION PICHE AU NIGER CENTRAL

STATIONS	TOTAL ANNUEL en mm	MAXIMUM MENSUEL	MINI. MENSUEL
MARADI	3 144	419 MARS	84 AOUT
BIRNI N'KONNI	2 749	364 MARS	80 SEPT.
TAHOUA	3 869	488 MARS	115 AOUT

II - B - 4 - Les vents et les phénomènes associés

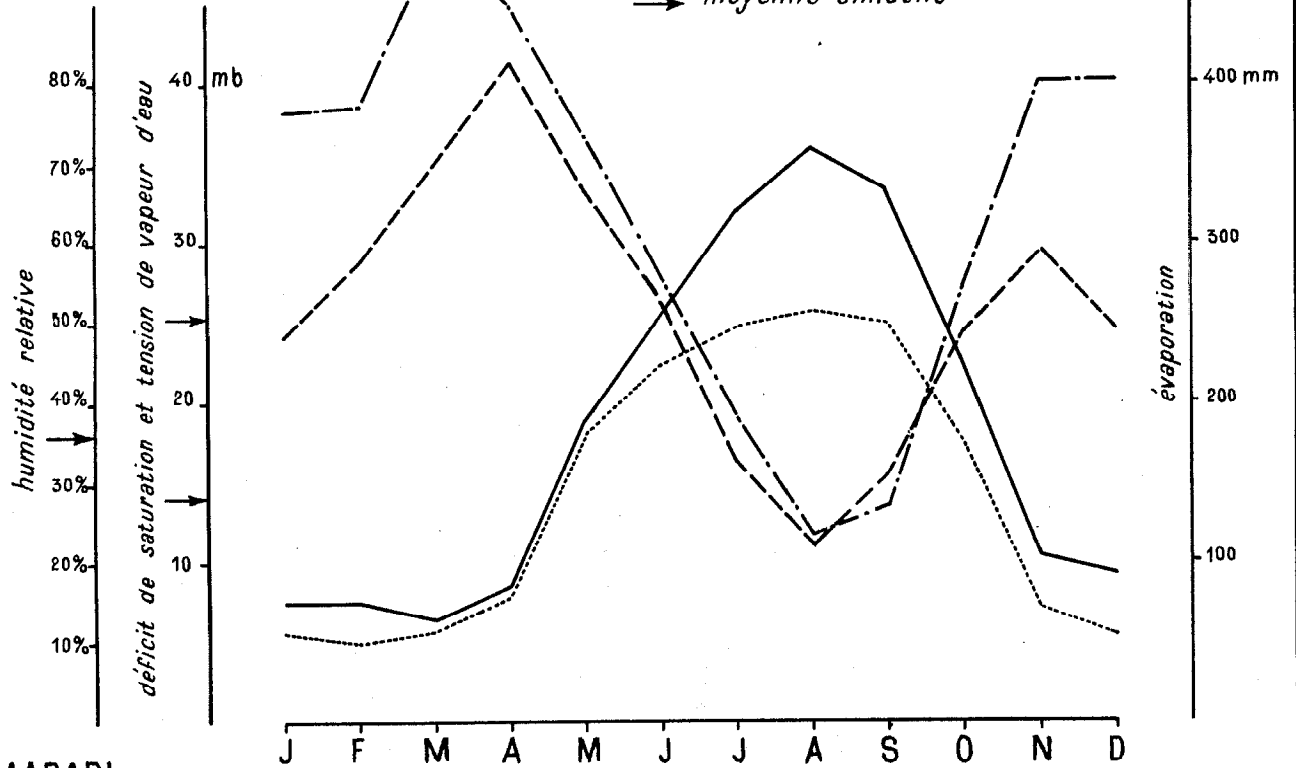
Le régime des vents est régi au NIGER Central par l'alternance de la mousson en saison des pluies, de Juin à Septembre, et de l'Harmattan en saison sèche d'Octobre à Mars. Les changements de régime des vents se traduisent par des périodes d'instabilité directionnelle dont la plus prolongée se situe avant la saison des pluies, de Mars à Mai ; à la fin de la saison des pluies le vent change assez rapidement d'orientation en Septembre-Octobre.

L'Harmattan souffle selon une direction ENE-WSW à TAHOUA et BIRNI N'KONNI E-W à MARADI. Le secteur des vents de mousson est S-W pour les deux premières stations, WSW pour la troisième (cf. Planche 4).

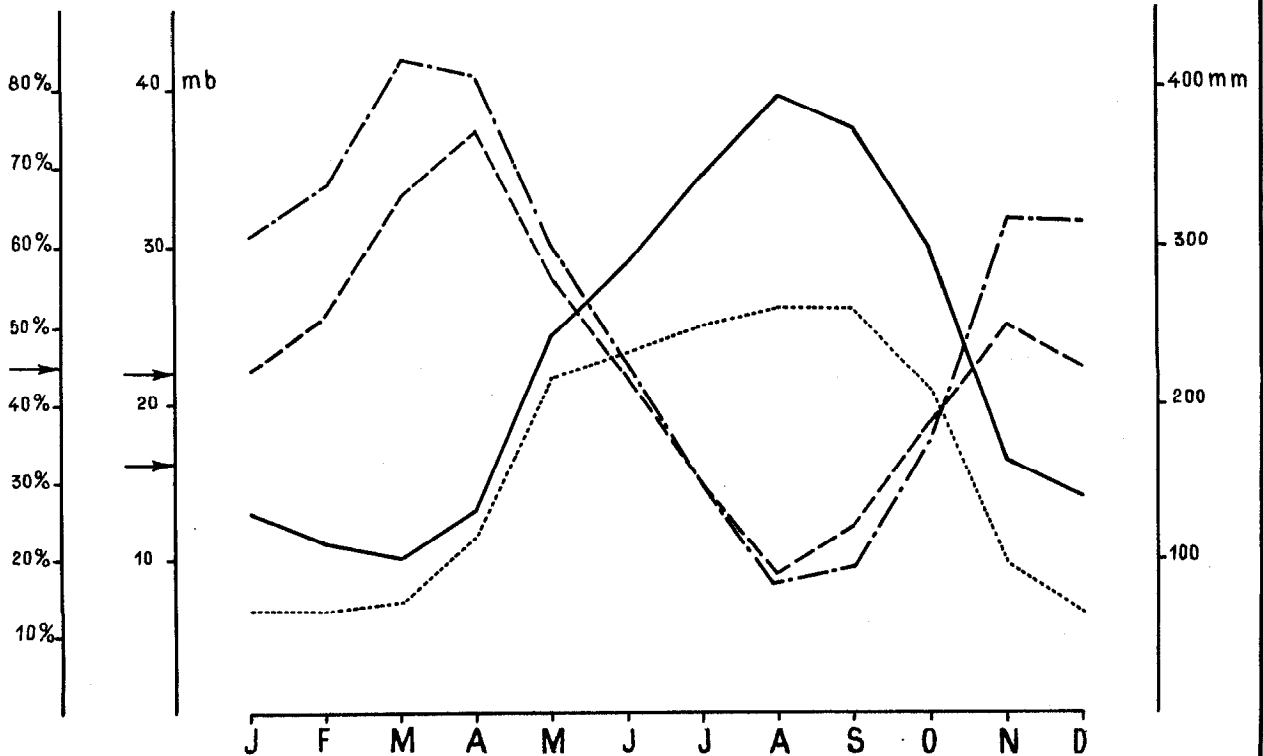
HUMIDITÉ ATMOSPHÉRIQUE POUVOIR ÉVAPORANT DE L'AIR

- tension de vapeur d'eau
- humidité relative %
- - - déficit de saturation mb
- · - évaporation Piche en mm.
- moyenne annuelle

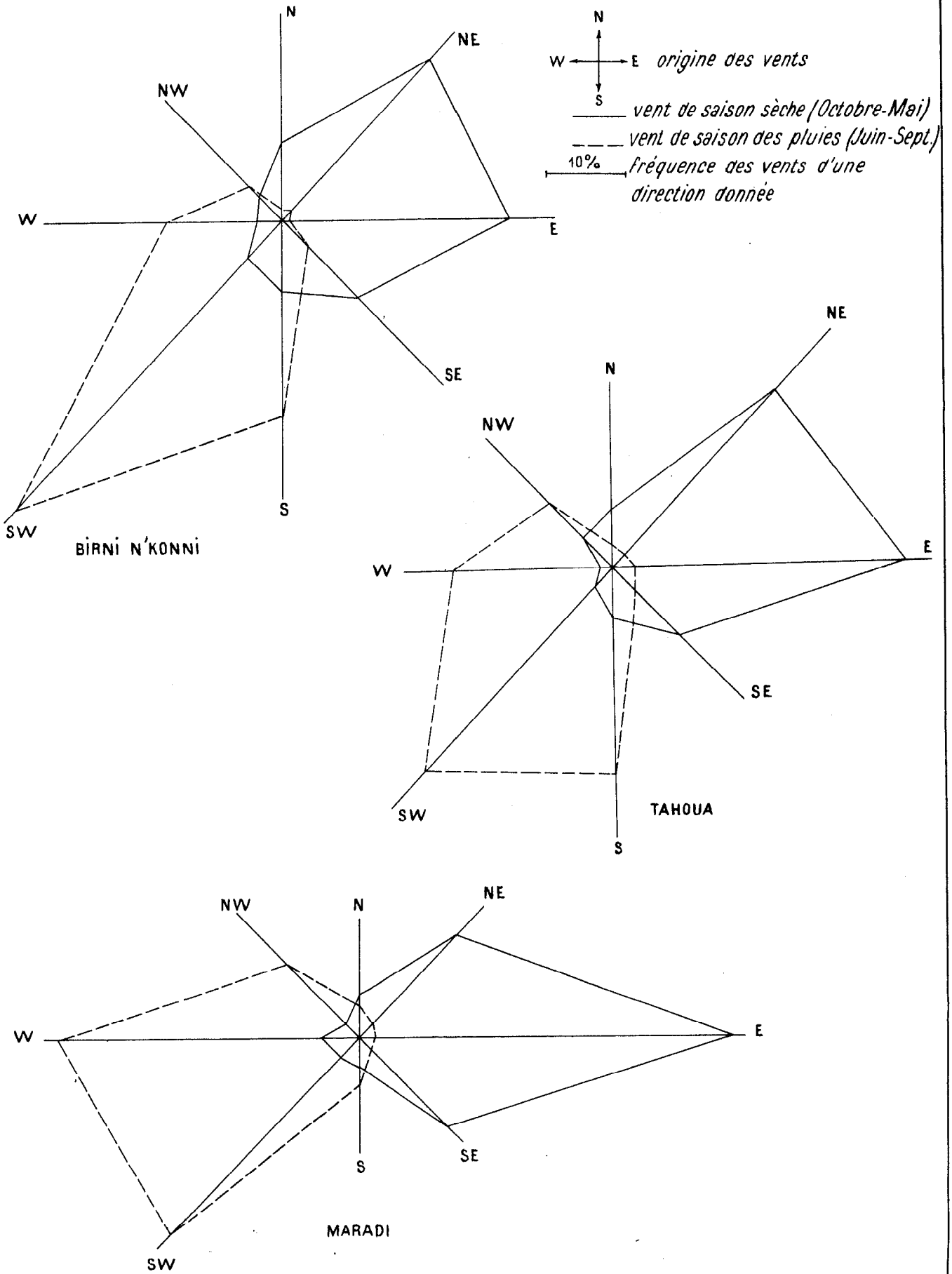
TAHOUA



MARADI



RÉPARTITION SAISONNIÈRE DES VENTS (1956)



La vitesse des vents est généralement faible (cf tableau III) elle est cependant plus élevée dans le Nord, la fréquence annuelle des vents de 7 à 14 m/s est de 2 % à MARADI, 3,5 % à BIRNI N'KONNI, 8,5 % à TAHOUA. La fréquence des vents de sables est corrélativement un peu plus élevée à TAHOUA mais reste faible.

T A B L E A U III

VENTS ET PHENOMENES ASSOCIES 1956

STAT.	PERIODE	Nombre de jours				Présence en % des vents selon leur vitesse en m/s				
		Brume sèche	Vent de sable	Vent \geq 16 m/s	Vent \geq 21 m/s	Im/s \leq	2 à 4	5 à 6	7 à 14	15 à 21
MARADI	Janv.-Mai	38	-	-	-	23	59	16	2	0
	Juin-Sept	2	3	II	5	38	47	II	3	I
	Oct.-Déc	24	-	-	-	46	40	I3	I	0
BIRNI N'KON.	Janv.-Mai	10	2	0	0	38,5	48	9,5	4	0
	Juin-Sept	0	0	7	0	33,5	51,5	10,5	4,5	0
	Oct.-Déc	12	0	0	0	47	36	14,5	2	0
TAHOUA	Janv.-Mai	10	5	5	0	6,5	61	23,5	9	0
	Juin-Sept	0	5	32	II	10,5	61,5	19,5	8	0,5
	Oct.-Déc	3	0	I	0	4,5	61,5	25,5	8,5	0

T A B L E A U I I

STATIONS	Pluviomé- trie P	p/P	P'/P	n'	n'	Indice pluvio- métrique	Maximum en 24 h	Période d'observation
MARADI	623	0,41	0,83	46	23	3-2-7	136 mm	1932 - 1954
DOMONDOUTCHI	617	0,36	0,79	33		3-2-7	102 mm	1923 - 1949
BIRNI N'KONNI	602	0,39	0,81	45	17	3-1-8	112 mm	1933 - 1954
TESSAOUA	564	0,34	0,80	26		2-3-7	73 mm	1936 - 1949
MEDAOUA	477	0,41	0,85	34,1		2-2-8	69 mm	1936 - 1949
TAHOUA	385	0,36	0,79	40	12	2-2-8	132 mm	1921 - 1954

P = pluviométrie annuelle

p = pluviométrie du mois le plus pluvieux

P' = pluviométrie des 3 mois les plus pluvieux (Juillet-Août-Septembre)

n = nombre de jours de pluie

n' = nombre de jours où il tombe plus de 10 mm

Indice pluviométrique : répartition des mois de l'année selon que leur pluviométrie est supérieure à 100 mm, comprise entre 100 et 30 mm, inférieure à 30 mm (ces derniers étant considérés comme "écologiquement secs")

en 24 heures = données en valeurs moyennes annuelles pour la période, le maximum

II - C - BILAN HYDRIQUE DES SOLS - INDICES CLIMATIQUES

II C - I - Evapotranspiration :

Les formules de TURK (1953) permettent d'évaluer l'évapotranspiration réelle et le drainage des sols en fonction de données climatiques courantes et de l'importance du couvert végétal. Ces valeurs ont été calculées dans le cas d'un sol nu (cf. planche 5), le facteur végétation ne pouvant être évalué que dans des cas particuliers. Il s'agit donc de valeurs minima de l'évaporation et maxima du drainage.

L'évaporation calque ses variations sur celles de la pluviométrie, le maximum se situe en Août ; le pouvoir évaporant de l'air, toujours excessif, ne constitue pas un facteur limitant.

Le drainage débute au mois d'Août, il se poursuit un peu en Septembre dans le Sud.

L'isohyète de TAHOUA semble délimiter approximativement la zone de drainage nul, ceci reste une notion théorique car le drainage demeure possible en fonction de l'intensité des pluies, des variations annuelles de la pluviométrie (pluviométries annuelles extrêmes de TAHOUA pendant la période 1921-54 : max : 546 mm en 1954, min. 42,7 mm en 1942 ; maximum en 24 heures : 131,5 mm en juillet 1932) et de la position topographique qui influe fortement sur l'infiltration des pluies, même en milieu très perméable ; en effet, sur dune sableuse, le mouvement de l'eau le long de la pente s'amorce dès qu'a été mouillée une couche superficielle de quelques cm ; l'épaisseur de cette couche n'augmente que lentement et seulement lorsque le sable est à saturation ; il s'en suit que la hauteur de l'eau infiltrée dans les interdunes est nettement plus importante que la hauteur d'eau tombée, l'inverse se produisant pour les sommets, et, surtout les versants de dune (AUDRY 1959-61)

II - C 2 - Indices climatiques

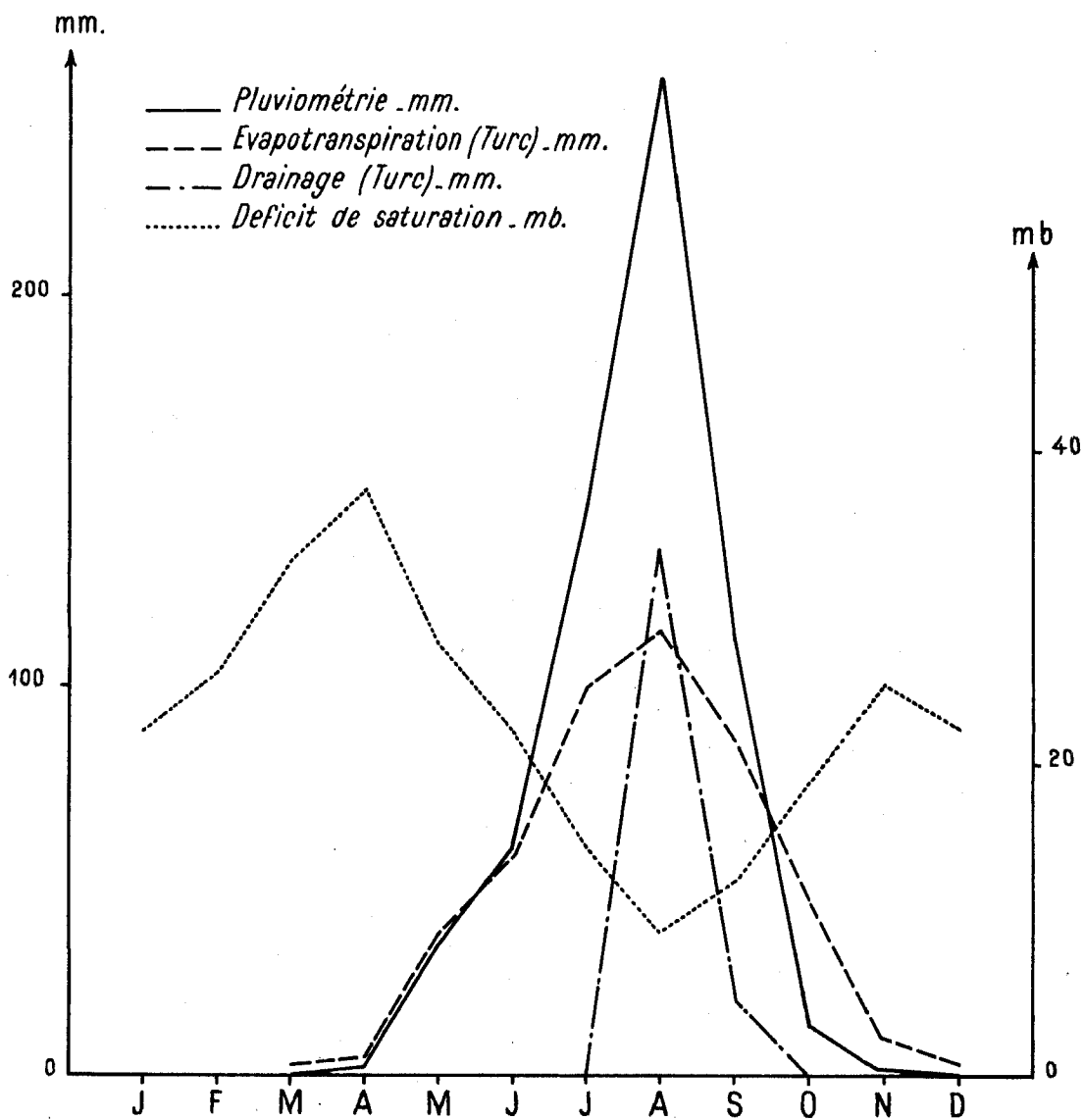
Les différents indices climatiques situent le NIGER Central dans la zone semi-aride, où la pluviométrie constitue le facteur limitant de la pédogénèse

TABLEAU 4

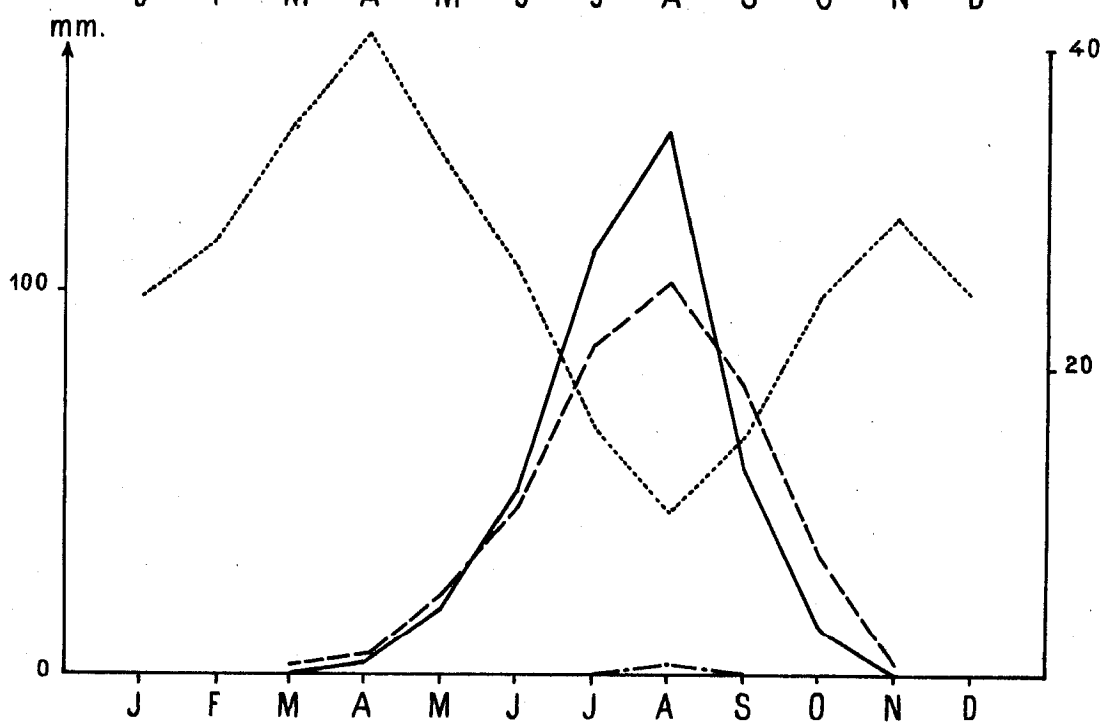
STATIONS	Pluviométrie	de MARTONNE	CAPOT-REY	HENIN-AUBERT		Drainage TURK
				Matériau	Mater	
				sableux	argil.	
MARADI	623 mm	16,3	28,2	98 mm	28 mm	150 mm
BIRNI N'KOM.	602 mm	15,5	28	89 mm	25 mm	133 mm
TAHOUA	385 mm	13,4	12,3	28 mm	7 mm	2 mm

Planche 5

MARADI



TAHOUA



DE MARTONNE : $I = P/T + I_0$

P = pluviométrie moyenne annuelle (mm)
T = température moyenne annuelle (°C)

CAPOT-REY : $I = I/2 (I_{00} P/E + I_2 p/e)$

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm)
E : évaporation Piche totale annuelle (mm)
p. e. : valeurs pour le mois le plus humide
des grandeurs précédentes

$$\text{HENIN-AUBERT} : D = \frac{P^3}{I + P^2} = \frac{I}{0,15 T - 0,13}$$

P : pluviométrie exprimée en mètres
T : température moyenne annuelle
= coefficient dépendant de la perméabilité du sol =

0,5 = argiles
2 = sables

(I) Correspondance admise entre l'indice de drainage HENIN-AUBERT et les types de sols en régions tropicales

D	TYPE DE SOL
0 - 30	Sols désertiques et semi-désertiques
30 - 80	Sols bruns subarides
80 - II5	Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés
II5 - I85	Sols ferrugineux tropicaux lessivés.

III - LES ROCHES MERES & LES MATERIAUX ORIGINELS DES SOLS

III - A - Stratigraphie et principales formations géologiques du NIGER Central

- Le socle précambrien, affleure au Sud de MARADI sous forme de granites calco-alcalins, puis, à l'extrême Sud, de schistes et quartzites analogues à ceux du DAMAGARAM (NIGER Oriental). Ces formations correspondent à la bordure Nord du massif précambrien de NIGERIA.

- les grès continentaux crétacés : au Nord des zones d'affleurement du socle et principalement à l'Est du méridien $6^{\circ} 38'$, s'étendent des formations gréseuses ou sableuses à stratification entrecroisée. On distingue au Nord les grès du TEGAMA à grain assez grossier (5 mm avec des galets de quartz émoussés) et quelques niveaux d'argiles sableuses intercalés (J. GREIGERT 1956). Ces grès affleurent rarement au Sud du 15° parallèle (Nord de DAKORO, périphérie du DAMERGOU) étant généralement recouverts par des ergs fixés. Vers le Sud, ces formations passent progressivement aux grès du Continental Hamadien que l'on observe en profondeur jusqu'aux régions où affleurent le socle. Il s'agit de grès à quartz peu usés assez grossiers (3-5 mm), noyés dans une pâte kaolinique ; les graviers sont également fréquents (J. GREIGERT 1963). On ne les observe affleurant ou subaffleurant que sur des surfaces d'assez faible étendue, en particulier dans la région de KOUROUNGOUSA et au Sud de la route MARADI-TESSAOUA ; ailleurs ils sont recouverts soit par les alluvions quaternaires de MARADI soit par des formations sableuses issues du remaniement éolien de ces alluvions soit, plus au Nord, par des ergs fixés.

- Le crétacé supérieur : la transgression cénomaniennne n'a pas affecté le NIGER Central où l'on continue d'observer des dépôts continentaux analogues aux grès du TEGAMA et du Continental Hamadien. La transgression du Turonien inférieur n'a envahi que le Nord de notre zone d'étude (DAMERGOU région de DAKORO), ainsi que les abords de l'ADER DOUTCHI, où quelques mètres de grès fins micacés se déposent. Aux environs de DAKORO on observe des calcaires jaunes à lumachelles, des argiles et schistes mis en place à cette époque. La série des calcaires blancs, très importante au Nord de TAHOUA disparaît progressivement vers le Sud en se chargeant de sables pour passer finalement au Continental Hamadien (J. GREIGERT 1964).

Ce n'est qu'au Maestrichtien qu'une mer peu profonde s'étend vers le Sud laissant de nombreuses zones émergées. Il se produit parallèlement une sédimentation marine et continentale (lacs et marécages). Ces formations affleurent sur la bordure Est de l'ADER DOUTCHI, La coupe très schématisée est la suivante (J. GREIGERT 1955-1956).

- Série de grès, argiles et sables fins "Upper Sandstones"
- Série marine fossilifère du Maestrichtien se présentant sous forme de récurrences marno-calcaires au sein d'un ensemble continental à sédimentation fins.

- Série de grès, argiles et sables fins : "Lower Sandstones".

- L'Éocène inférieur marin : la transgression éocène a envahi le bassin nigérien dans sa presque totalité, entraînant une sédimentation calcaire très uniforme, qui s'étend du détroit Soudanais jusqu'en Nigéria du Nord. Ces dépôts sont constitués d'une série calcaire plus ou moins riche en intercalations marneuses ou argileuses encadrées par deux séries absolument symétriques de marno-calcaires en plaques et de schistes papyracés (J. GREIGERT 1955-56). L'ensemble a une épaisseur totale d'une cinquantaine de mètres. L'éocène inférieur marin s'observe en affleurement sur la bordure Est de l'ADER DOUTCHI et dans les vallées qui l'entaillent.

- Le Continental Terminal : Les formations du Continental Terminal s'étendent vers l'Ouest à partir de l'ADER DOUTCHI, à l'Est, on observe un flot du Continental Terminal dans la région de KORGOM.

J. GREIGERT distingue dans le Continental Terminal du NIGER trois ensembles :

1/ - Au sommet la série des grès argileux du Moyen - Niger (Ct 3) composée de grès à ciment argileux, percés de tubulures anastomosées, parfois très riches en oolithes ferrugineuses à la partie supérieure. Ces grès sont souvent surmontés d'une couche ferruginisée pouvant atteindre 10 à 20 m d'épaisseur, d'âge quaternaire. Ces carapaces ferrugineuses présentent des phénomènes de type karstique non encore expliqués. On observe fréquemment (plateau de DOGONDOUTCHI) des effondrements à contours réguliers de forme circulaire ou elliptique, à bords verticaux, les profondeurs et diamètres observés atteignant respectivement 8 à 10 mètres et plus d'un kilomètre, le substratum est toujours un grès argileux (J. GREIGERT 1963). Des phénomènes de même type, mais beaucoup plus intenses ont été observés par B. CHUBERT (1957) au sein des matériaux ferrallitiques sur les plateaux de Guyane française ; ils sont alors actuels et se produisent sous l'effet d'une pluviométrie très élevée. Toutefois le matériau ferrallitique en question présente une porosité assez forte que ne semble pas posséder la couche ferruginisée des plateaux Ct 3 et qui joue un rôle essentiel dans ce type d'érosion.

2/ - Le complexe argilo - sableux (Ct 2) constitué d'une série de dépôts marécageux ou fluviatiles, roches argileuses bariolées, grès fins, sables.

3/ La série limonitique de l'ADER DOUTCHI (Ct1) reposant sur les formations marines de l'Eocène. Il s'agit d'une série d'argiles, sables fins, de grès ferrugineux, d'oolithes ferrugineuses libres ou contenues dans les roches précédentes.

Les formations quaternaires :

Elles comprennent essentiellement :

- des alluvions caillouteuses anciennes couvrant d'assez vastes surfaces au Sud de MARADI.
- des alluvions d'âge et de texture variable, finement sableuses ou argileuses dans le goulbi de MARADI et de GAZAOUA et les vallées de l'ADER DOUTCHI sableuses ou sablo-argileuses dans les vallées fossiles.
- des ensablements éoliens fixés très étendus, particulièrement à l'Est de l'ADER DOUTCHI, parmi lesquels on peut distinguer deux types d'ergs d'âge différent.

Ce sont également formés au quaternaire les carapaces ferrugineuses et les regs résiduels qui surmontent les grès du Continental Hamadien, ainsi que la couche ferruginisée coiffant les plateaux de grès argileux du Moyen NIGER.

Les alluvions caillouteuses anciennes :

Elles recouvrent le Continental Hamadien et une partie du socle anté-cambrien au Sud du parallèle $13^{\circ} 45'$.

Ces alluvions sont constituées :

- de sables argileux rouges
- de nappes de galets roulés, souvent pâtinés de rouge, de taille variable, pouvant atteindre 120 mm
- de grès à ciment argileux kaolinique, bariolés ou rouges, à grains grossiers peu usés, ressemblant souvent aux grès du Continental Hamadien.

Citons d'après J. GREIGERT (1962) la coupe d'une carrière située sur la rive Nord du Goulbi de MARADI, en bordure de la route MARADI-MADAOUA :

- sous un sol sablo-argileux, et sur 2 m environ, nappe de galets entourés d'une pellicule rouge, roulés et polis de 30 à 40 mm de longueur, dans un liant sableux jaune ou rouge brique. Dépôts cohérents mais se désagrégant facilement. La partie supérieure de ce niveau est souvent cimentée en un conglomérat ferrugineux.

- Banc de grès à ciment kaolinique rouge et quartz anguleux atteignant 7 mm de longueur. Quelques paillettes de mica. Ces grès sont visibles sur 4 à 5 m et se terminent par une dizaine de cm de graviers roulés de 12 mm de longueur, dans un liant terreux rouge.

L'épaisseur de ces alluvions est très variable et peut aller d'un simple semi de galets (généralement à la limite Sud) à un dépôt épais d'une trentaine de mètres.

Ces alluvions remaniées par le vent ont donné naissance à une couverture sableuse rouge qui recouvre le Continental Hamadien et s'étend jusqu'au delà du goulbi N'KABA.

Les alluvions et produits de remplissage des vallées fossiles

Dans les goulbis fossiles, partiellement recouvertes par une couche d'alluvions sableuses d'épaisseur variable, reposent des alluvions issues des régions traversées. Les parties amont des vallées des goulbis N'KABA et TARKA comportent des formations à colithes et galets de quartz très ferruginisés, issus du DAMERGOU. Plus loin, celles-ci sont remplacées par des grès bariolés d'aspect terreux, voisins soit des grès du Continental Hamadien, soit des grès des alluvions quaternaires. J. GREIGERT (1963) les considère comme issus du remaniement des grès du Continental Intercalaire. Dans ces formations, sont emboîtées des alluvions sableuses à texture assez grossière, à stratification souvent visible, ces alluvions sont généralement éolisées superficiellement, présentant un modelé en buttes basses. Très épais en amont, ce dépôt s'amenuise en aval.

La région située à l'Ouest de l'ADER DOUTCHI est traversée par deux vallées fossiles importantes : le DALLOL MAOURI et son affluent le RAFI.

Le cours du DALLOL MAOURI est comblé par des alluvions sableuses, sauf à l'Est de TAHOUA où s'étend un flat argileux surmontant un dépôt sableux. Les alluvions sableuses faiblement et superficiellement éolisées au Sud de DOGONDOUTCHI ont subi des remaniements et des apports éoliens importants au Nord de cette ville, ainsi que le montre l'étude granulométrique des matériaux.

La vallée du RAFI résulte de la confluence des trois vallées principales de l'ADER DOUTCHI Nord ; son cours est comblé d'alluvions sableuses rouges très uniformes, faiblement éolisées, analogues à celles des vallées de l'ADER DOUTCHI et portant des sols de même type.

Les alluvions des cours d'eau temporaires :

- Région de MARADI -

Le réseau le plus important est constitué par le goulbi de MARADI et son affluent le goulbi N'BONSOUROU. Les alluvions actuelles de ces deux cours sont composées de sables micacés jusqu'à leur confluent ; au delà

... la pente devient insuffisante pour que le transport des sables grossiers se poursuive et les dépôts sont plus fins, argileux ou finement sableux. On observe en certains endroits du cours de ces vallées (Sud du croisement des routes MARADI - MADAOUA, MARADI - DAKORO par exemple), des restes de terrasse formée de sables à granulométrie assez grossière, ressemblant à la granulométrie des alluvions sableuses des goulbis fossiles.

Le goulbi de GAZAOUA et son affluent droit présentent également des alluvions sableuses ou sablo-limoneuses actuelles.

Ces alluvions sont issues de régions granitiques de NIGERIA.

- ADER DOUTCHI -

Le plateau gréseux de l'ADER DOUTCHI est fortement entaillé de vallées profondes orientées Est-Ouest ou Nord-Est-Sud-Ouest (MAGGIA). Ces vallées, recoupant le Continental Terminal, l'Eocène inférieure marin et, partiellement le Maestrichtien, ont formé des alluvions de composition variée, très souvent calcaires. Ces dépôts sont généralement étroits sauf dans la basse MAGGIA où ils s'étalent et forment un flat. Les berges des vallées sont constituées soit par les couches géologiques affleurantes, soit par des éboulis ou des recouvrements sableux éoliens.

Les ergs fixés

Les couvertures sableuses d'origine éolienne couvrent de très vastes étendues, particulièrement à l'Est du parallèle 6° 30' où elles sont pratiquement continues.

Le Continental Terminal est également surmonté de formations sableuses éoliennes, largement dominantes au Nord du parallèle 14°30' et qui vont se raréfiant vers le Sud.

Il existe deux types d'erg d'âge différent, le plus ancien très érodé souvent discontinu présente un modelé aplani, à pentes faibles ; les interbuttes sont constitués soit par des affleurements du substrat soit par un matériau compact enrichi en argile ; ces variations texturales entraînent une concentration de la végétation dans les creux interdunaires donnant un aspect réticulé en photographie aérienne. Le deuxième type d'erg, plus récent à modelé nettement plus jeune, montre une orientation sensiblement Est-Ouest de trains dunaires ; la hauteur des dunes est en moyenne plus élevée et les pentes plus fortes que dans les ergs anciens, les ergs récents atteignent généralement des cotes inférieures à celles des ergs anciens voisins ; ils sont situés dans des zones déprimées ou en bordure de vallée.

Ces deux formations sont également présentes sur le plateau de l'ADER DOUTCHI où l'on observe une couverture sableuse à modelé à peu près plan, correspondant aux ergs anciens, qui alterne avec de grosses dunes en bouclier, contemporaines des ergs récents.

Ces deux types d'ergs ont leur équivalent au NIGER Oriental où H. FAURE les a situés dans l'histoire géologique du quaternaire. Les ergs anciens sont rattachés à la grande phase aride du paléolithique moyen, et les ergs récents à une phase aride postérieure datée du début du néolithique (cf. Etude pédologique du NIGER Oriental t. I p. 26).

Les sols portés par ces deux formations présentent des différences morphologiques en relation avec leur âge. Les sols sur ergs récents sont peu différenciés, ils ne montrent qu'une faible variation de porosité (taille développement) entre les horizons, et leur profil est peu épais (150 cm). Les sols sur ergs anciens, plus différenciés, ont un profil généralement plus épais, présentant un début de variation structurale, (porosité, cohésion, débit).

III - B - LES MATERIAUX ORIGINELS DES SOLS AU NIGER CENTRAL

Au NIGER Central les formations sableuses éoliennes dominent largement sur les affleurements du substrat rocheux qui ne prennent de l'importance que dans la zone d'extension du Continental Terminal. Ces formations sableuses fournissent la presque totalité des sols cultivables, tandis que les sols formés sur des roches où dominent les grès argileux n'offrent que peu de possibilités d'utilisation agricole.

B - 2 - I - Les matériaux issus des roches en place

Les granites dont la zone d'affleurement ne couvre qu'une faible surface à l'extrême sud de la province de MARADI, sont recouverts d'un manteau d'altération très érodé, constitué par une arène fortement kaolinisée, de texture argilo-sableuse, dont la fraction sableuse est riche en sables grossiers.

Les grès argileux, formés de sables cimentés par de la kaolinite, ont donné des matériaux dont la composition est proche de celle de leur roche mère. De texture argilo-sableuse à argileuse, ils sont soit en place, passant de façon continue au grès (fréquent sur le Ct 2), soit épandus en placages recouvrant d'anciennes surfaces d'érosion (Continental Hamadien). La fraction sableuse de ces grès, après remaniement par l'eau, puis par le vent, a contribué à la formation des couvertures sableuses éoliennes, dont la texture est influencée régionalement par celle du substrat gréseux.

Les produits d'altération des grès ferrugineux (CtI de l'ADER DOUTCHI) sont à l'origine des placages sablo-argileux peu épais qui recouvrent la surface de ces grès lorsqu'ils affleurent.

B - 2 - 2 - Les matériaux sableux

Au cours de la prospection pédologique, plusieurs formations sableuses ont été distinguées, qui diffèrent par l'agent de mise en place, le modelé, la morphologie des sols qui se développent à leur surface. Ce sont principalement :

- les ergs anciens, qui se distinguent par leur granulométrie en deux ensembles, les ergs anciens orientaux, reposant sur le Continental Hamadion, et les ergs anciens occidentaux, situés sur le Continental Terminal.
- les ergs récents dont le modelé nettement plus jeune et la faible évolution pédologique des sols qu'ils supportent traduisent l'origine plus récente que celle des ergs réticulés.
- la formation sableuse de MARADI, issue du remaniement éolien des alluvions quaternaires anciennes.
- les ensablements de vallées, d'origine alluviale ou mixte (alluviale et éolienne)

22 - I - Etude granulométrique des sables

L'étude granulométrique des sables permet de vérifier l'existence et l'homogénéité des différentes formations sableuses reconnues sur le terrain et également leur cartographie. Les caractéristiques des différents types de granulométrie ont été définies à l'aide de paramètres (moyenne et écart type exprimés en unité μ , médiane, mode, indices de tri et d'assymétrie) et des courbes de fréquence, déduites graphiquement des courbes cumulatives en ordonnées de probabilité (cf. Etude pédologique du NIGER Oriental, tome I p. 29)

La détermination des ensembles granulométriques a été faite surtout par comparaison des courbes de fréquence qui se groupent en quelques familles généralement très homogènes ; ces familles, limitées à 4 courbes pour préserver la clarté des graphiques sont représentées aux planches 6 et 7. Par contre les paramètres numériques, effaçant certains caractères distinctifs, en particulier l'existence de plusieurs modes, n'ont pas permis de distinguer entre elles certaines formations pourtant très différentes ; ils ont été utilisés pour définir secondairement les différents ensembles et pour l'interprétation graphique des relations entre ces ensembles.

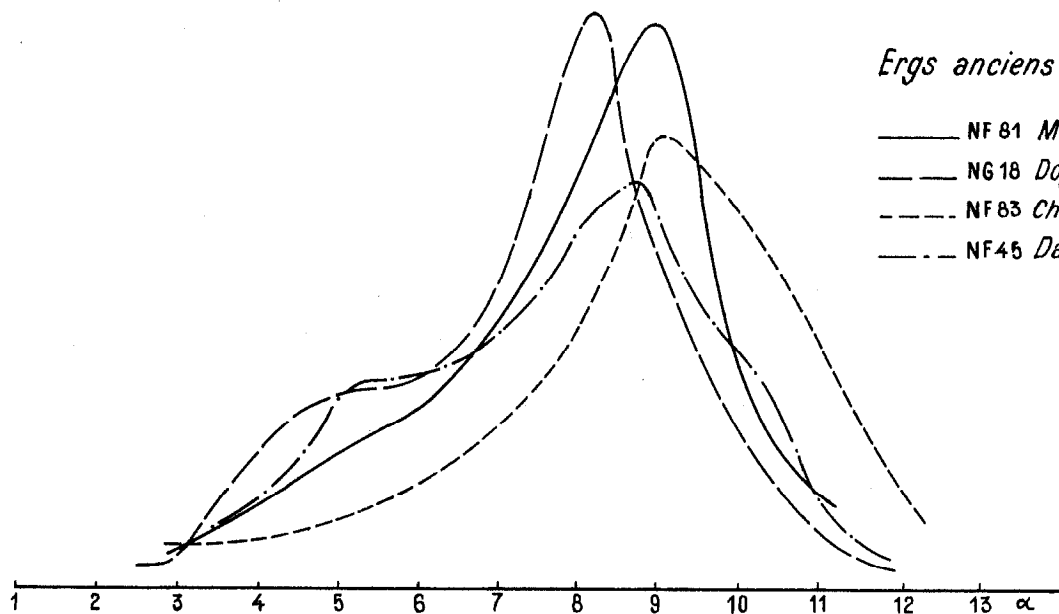
Définition des formations sableuses

- Ergs anciens occidentaux : les courbes de fréquence sont unimodales, avec parfois un léger étalement vers les sables grossiers, ou, plus rarement, un mode secondaire très peu accusé, situé vers 0,32 mm. Le mode, très bien marqué, est compris entre 0,13 et 0,18 mm. Le triage est moyen, avec un coefficient d'écart interquartiles variant de 1,30 à 1,55. L'assymétrie est

FAMILLES DE COURBES DE FRÉQUENCE

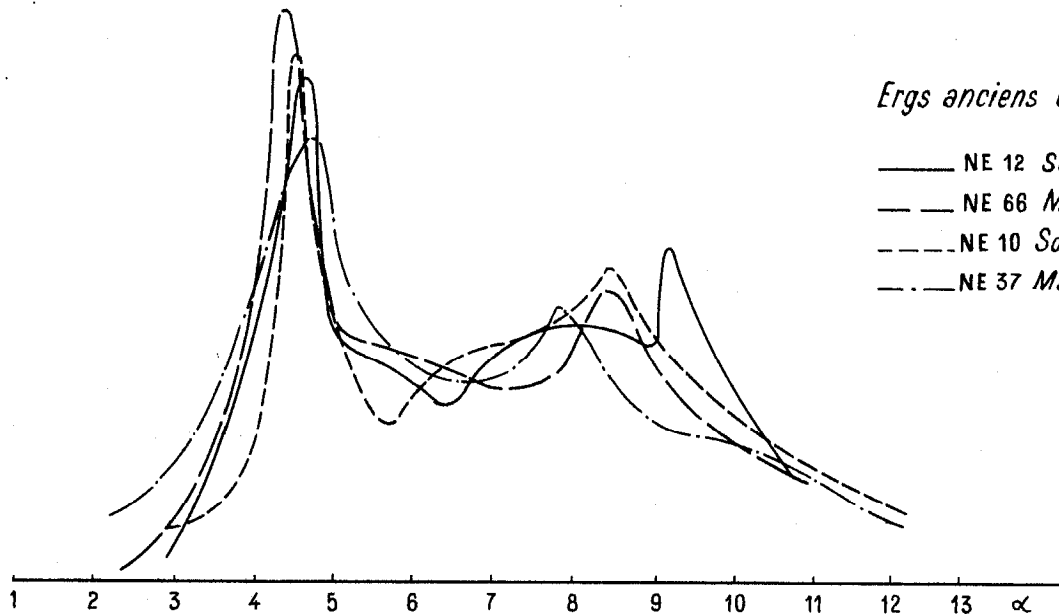
Ergs anciens occidentaux

- NF 81 *Merkie*
- NG 18 *Dogon Tapkin*
- NF 83 *Chinielga*
- NF 45 *Dadoria*



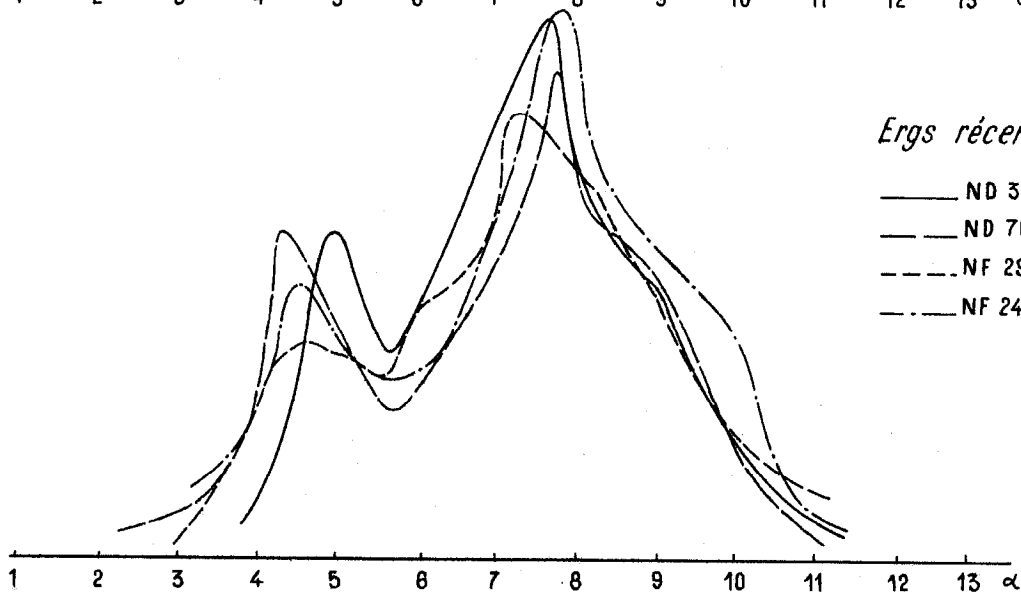
Ergs anciens orientaux

- NE 12 *Souloulou*
- NE 66 *Mokoyo*
- NE 10 *Souloulou*
- NE 37 *MailaFia*



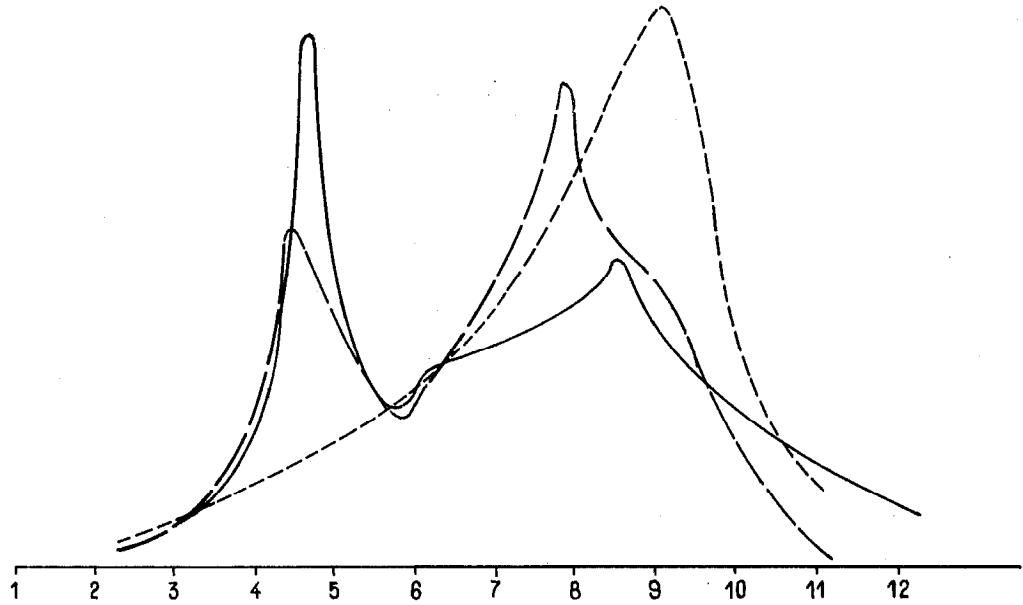
Ergs récents

- ND 31 *Tessaoua* } orientaux
- ND 70 *Garare* }
- NF 29 *Eidir* } occidentaux
- NF 24 *Eidir* }



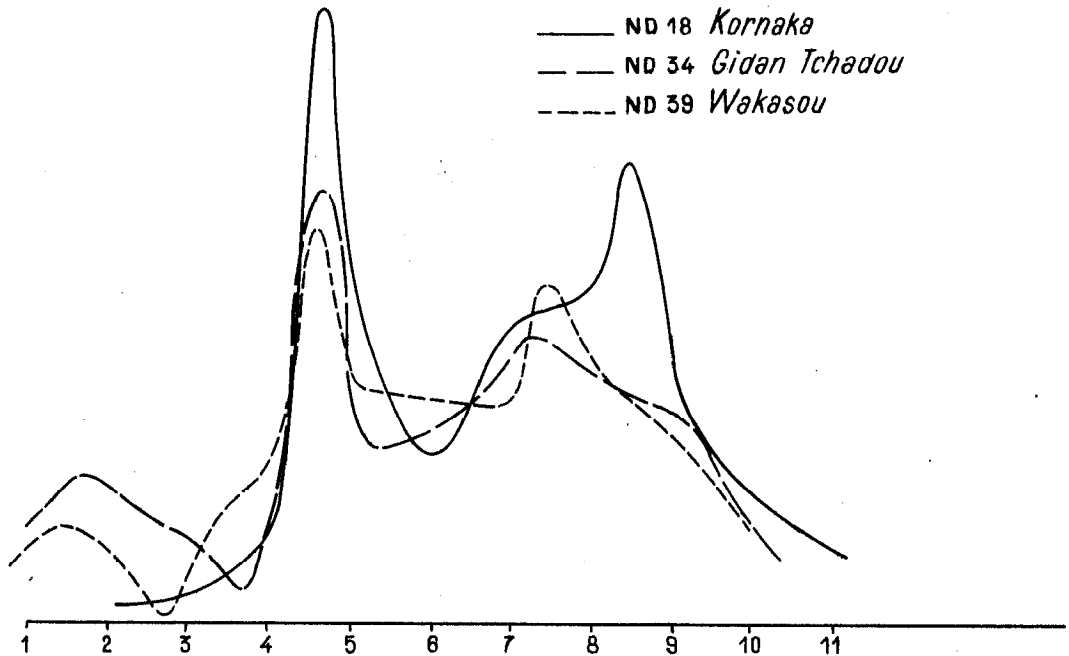
COMPARAISON DES COURBES DE FRÉQUENCE DES DIFFÉRENTS TYPES D'ERGS

— *Ergs anciens orientaux (NE 10)*
- - - *Ergs anciens occidentaux (NF 81)*
- - - *Ergs récents (ND 70)*



Formation sableuse de Maradi

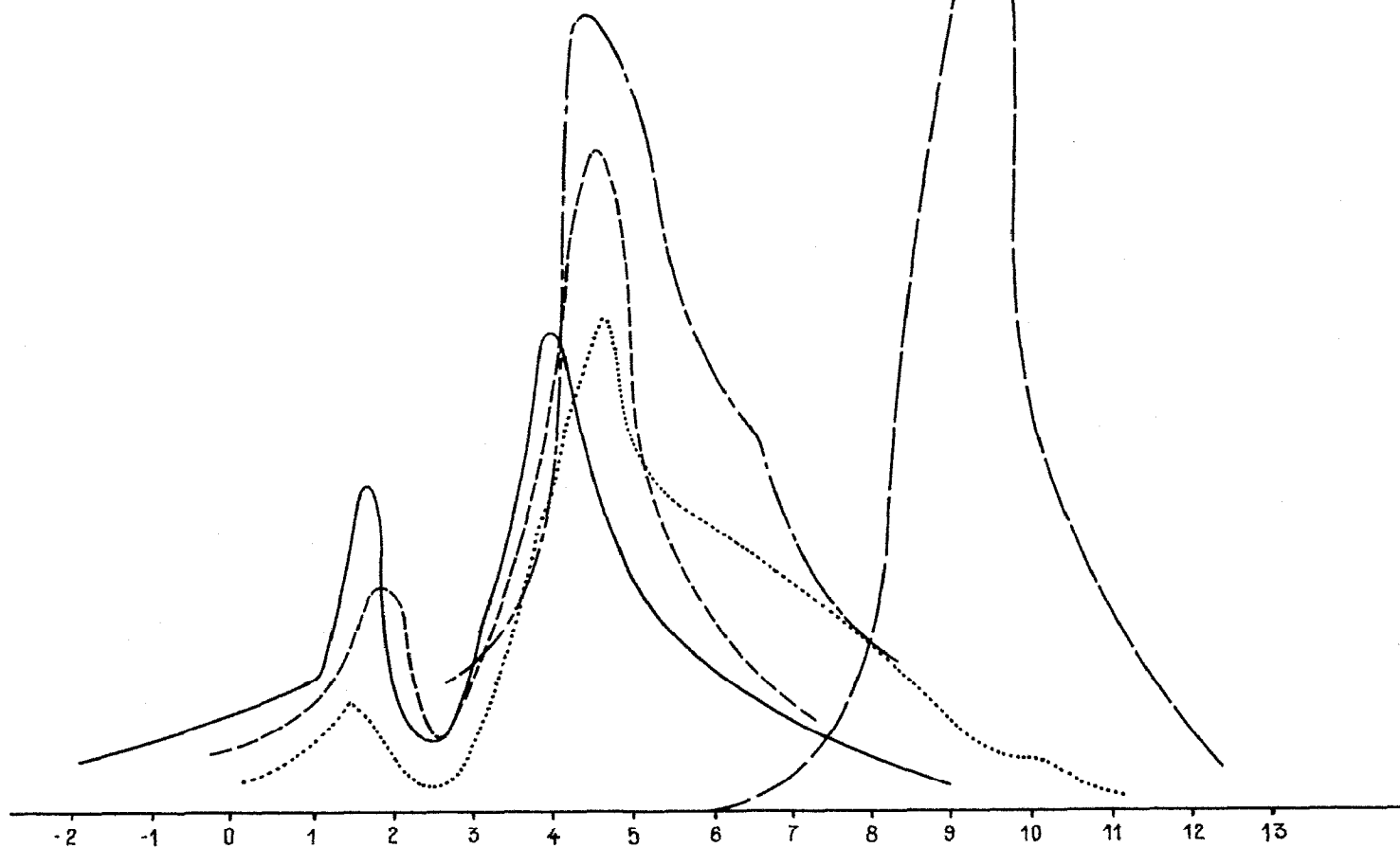
— ND 18 *Kornaka*
- - - ND 34 *Gidan Tchadou*
- - - ND 39 *Wakasou*



—— Goulbi de Tarka NE 24 Korofane
- - - - Goulbi N'Kaba ND 33 Tessaoua
- - - - Dallol Maouri au Sud de Dogondoutchi NO 50 Kaniagoma

} Vallées fossiles

—— Goulbi de Maradi : alluvions sableuses actuelles NE 54 Maradi
..... Goulbi de Maradi : Terrasse NE 51 Maradi



COURBES DE FRÉQUENCE DES ALLUVIONS SABLEUSES

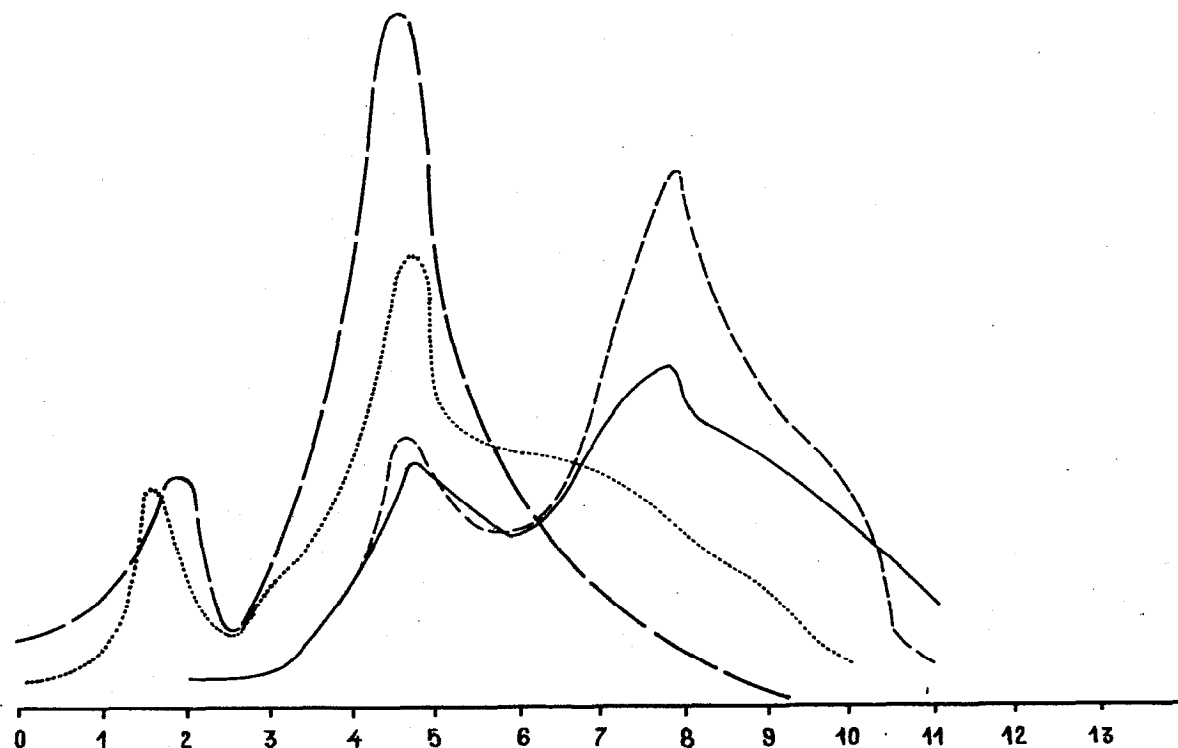
Planche 9

----- *Erg récent* NF 24 *Eidir*

——— *Dallol Maouri au Sud de Dogondoutchi* NG 50 *Kaniagoma*

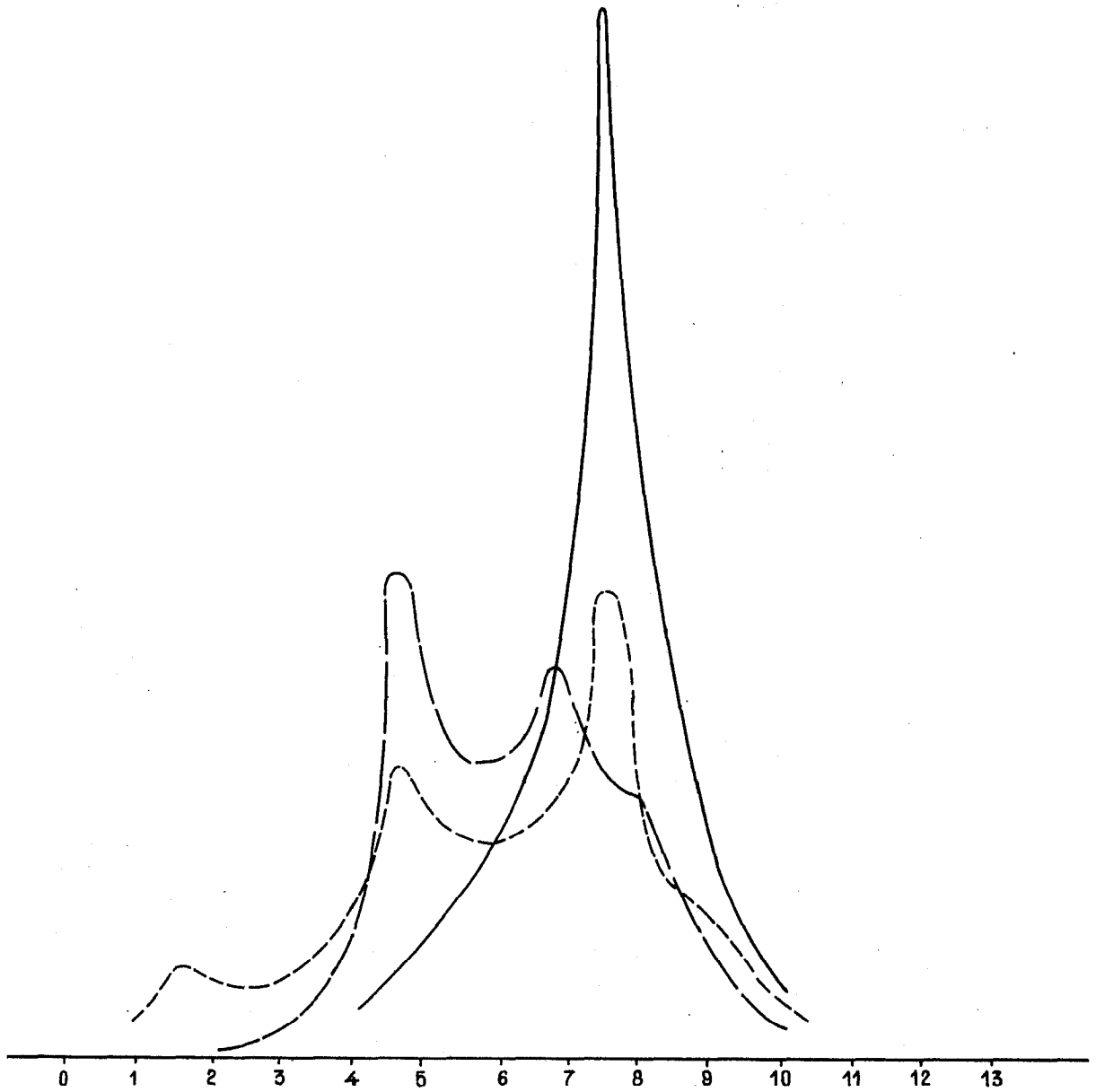
——— *Dallol Maouri au Nord de Dogondoutchi* NF 87 *Bagaroua*

..... *Vallée de Rafi* NG 62 *Kalgo*

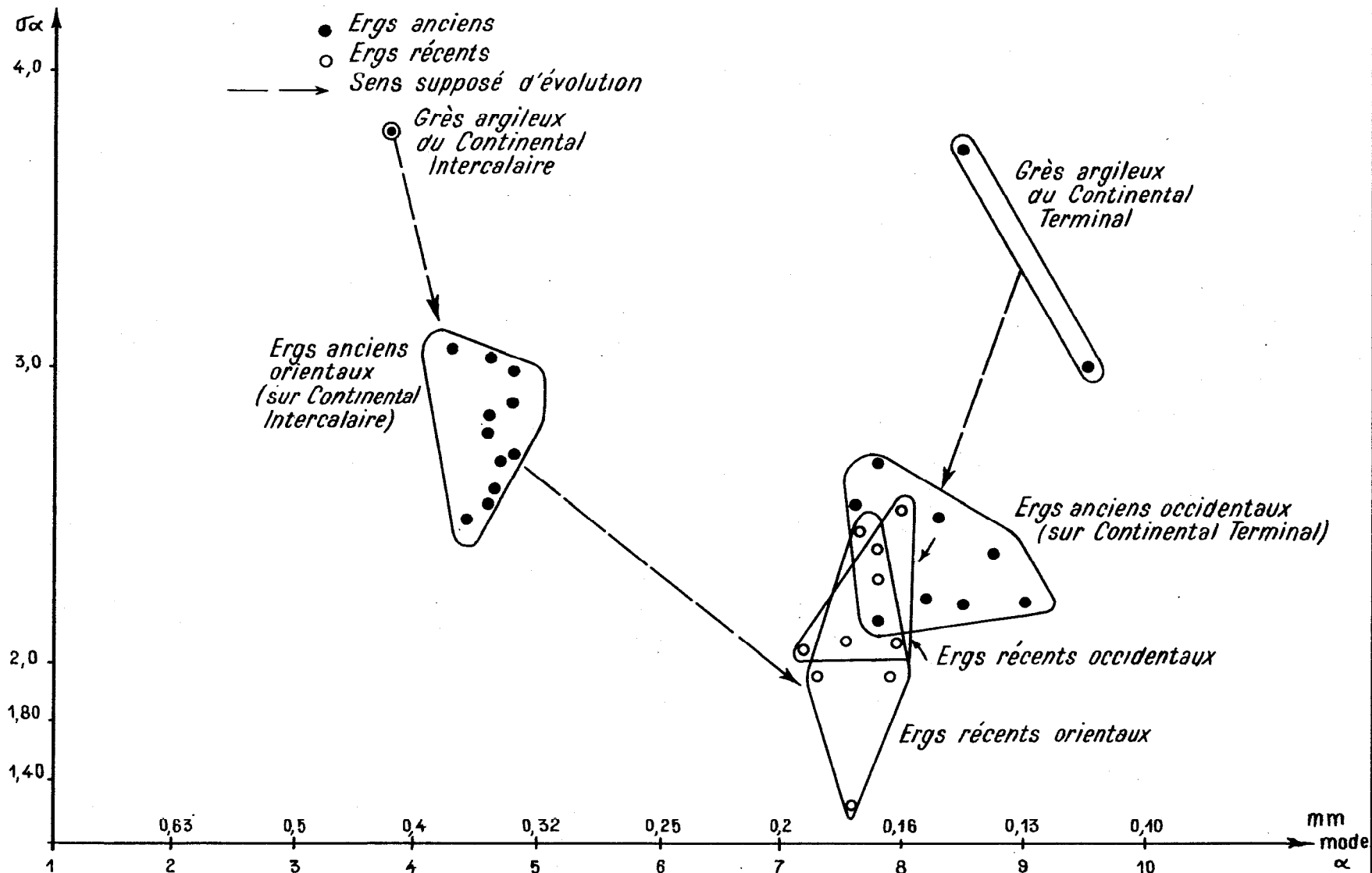


VARIATION GRANULOMÉTRIQUE LE LONG DE LA PENTE
D'UNE MÊME DUNE D'ERG TRANSVERSAL
(YAGADJI)

— haut de pente NE 63 SAMIA
- - - mi pente NE 64 SAMIA
- - - bas de pente NE 65 SAMIA

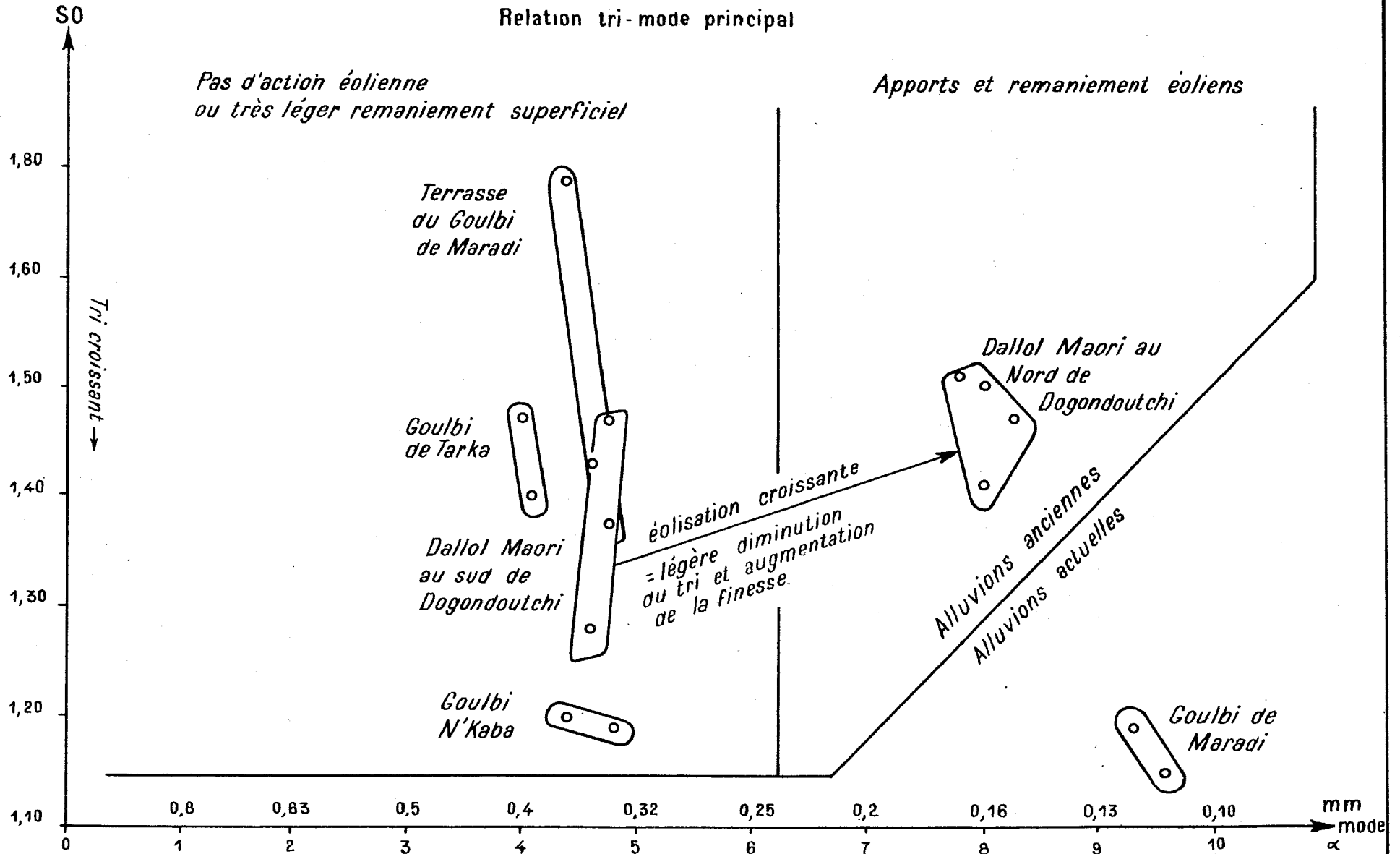


ERGS - RELATION ÉCART TYPE - MODE PRINCIPAL



ALLUVIONS SABLEUSES

Relation tri-mode principal



... assez fortement négative, l'indice étant compris entre $-0,55$ et $-0,24$

- Ergs anciens orientaux : les courbes de fréquence sont toujours bimodales le mode principal est très accusé et aigu, son abscisse varie également très peu ($0,33 - 0,37$ mm) ; le mode secondaire, un peu moins constant, varie de $0,12$ à $0,19$ mm. Le triage est plus faible que celui des ergs occidentaux ($1,35$ à $1,75$). L'assymétrie est faiblement négative, ou positive ($-0,26$ à $+0,51$).

- Ergs récents : Ils donnent la famille de courbes la plus homogène. Les courbes sont bimodales, sauf un échantillon (ND 63) qui présente une courbe unimodale très aiguë (mode = $0,17$). Le mode principal est localisé entre $0,16$ et $0,19$ mm., le mode secondaire entre $0,33$ et $0,38$ mm. Le tri est en moyenne plus poussé que dans les ergs anciens ($1,20$ à $1,50$). L'assymétrie est négative, comprise entre 0 et $-0,5$.

- Formation sableuse de MARADI -

La granulométrie est voisine de celle des ergs anciens orientaux ; elle en diffère par l'apparition fréquente d'un mode tertiaire peu accusé vers les sables grossiers ($1,3$ mm). Le mode principal est situé entre $0,33$ et $0,35$ mm., le mode secondaire entre $0,14$ et $0,19$ mm. Le triage est médiocre ($1,45$ à $1,70$), l'assymétrie négative ($-0,3$ à $-0,2$)

- les sablements de vallées : On distingue deux types de courbes (cf. planches 8 et 9). Le premier, commun aux goulbis de TARKA et N'KABA, à la vallée du RAFI et au DALLOL MAOURI au sud de DOGONDOUTCHI, présente un mode principal très accusé et aigu situé entre $0,33$ et $0,40$ mm. et un mode secondaire bien marqué (sauf pour le goulbi N'KABA) entre $0,66$ et $0,70$ mm.; le tri varie de $1,2$ à $1,47$ et semble plus poussé dans le goulbi N'KABA ($1,2$), l'assymétrie est irrégulièrement positive ou négative dans la même vallée. Le deuxième type de courbes appartient aux sables du DALLOL MAOURI au Nord de DOGONDOUTCHI. Il s'intègre parfaitement dans la famille des ergs récents (mode principal : $0,15$ à $0,17$ mm ; mode secondaire : $0,31$ à $0,33$ mm) tri : $1,4$ à $1,5$; assymétrie : $-0,43$ à $-0,15$)

- Variations au sein des formations sableuses -

Les échantillons destinés à définir les formations sableuses ont été prélevés dans des situations topographiques comparables, en tiers supérieur des dunes ou buttes sableuses. Le long d'une même pente, on observe des variations granulométriques souvent accusées. Lorsque la courbe de fréquence est unimodale (cf. planche 10) apparaissent vers le bas de pente un ou deux modes secondaires vers les sables grossiers, en même temps que le mode principal devient moins accusé. Lorsque la courbe est bimodale, on observe fréquemment la disparition du mode fin et l'apparition d'un mode peu accentué vers $0,7$ mm. Dans les deux cas, le tri diminue vers le bas de pente.

Ce fait ne peut être généralisé faute d'un nombre suffisant d'observations et surtout parce qu'il se trouve contredit dans d'autres cas, en particulier au NIGER Oriental où les sables d'interdune sont en général mieux triés que ceux du haut de pente.

Interprétation :

- Les ergs - les ergs anciens, voient leur granulométrie influencée par la texture du substrat gréseux, ce qui tend à confirmer l'origine locale des sables éoliens. En effet l'étude granulométrique de la fraction sableuse des grès argileux du Continental Hamadien et du Continental Terminal montre qu'ils diffèrent par la taille dominante, fine pour le Continental Terminal (mode : 0,11 à 0,15), nettement plus grossière pour le Continental Hamadien (mode vers 0,40). Dans cette hypothèse, le premier transport éolien n'aurait déplacé que légèrement le mode principal, vers les sables fins pour les ergs anciens orientaux, vers les sables grossiers pour les ergs anciens occidentaux, augmentant par contre le tri (cf. Planche II - l'écart type a été préféré à l'écart interquartile, car il semble rendre mieux compte du tri pour les courbes bimodales)

Les ergs récents présentent une grande homogénéité granulométrique, quel que soit le substrat. Cependant, d'autres caractères (couleur des sables présence ou non d'oolithes), les apparentent régionalement aux ergs anciens. Le second tri éolien, prélevant un matériau déjà remanié par le même agent, aurait homogénéisé les sables, faisant disparaître leurs caractères granulométriques distinctifs.

- les alluvions sableuses - les alluvions anciennes des bogoulbis et dallols appartiennent à une famille granulométrique homogène se distinguant nettement de celles des sables éoliens : modes plus aigus et accusés et surtout texture d'ensemble plus grossière (moyenne variant de 0,37 à 0,45 mm contre 0,17 à 0,27 pour les sables éoliens). Par ailleurs, l'observation dans certains profils, dont les matériaux appartiennent à cette famille, d'une stratification classant les sables par lits de tailles différentes, confirme l'origine alluviale de cet ensemble.

Les sables du DALLOL MAOURI, s'ils s'intègrent parfaitement à cette famille granulométrique au sud de l'étranglement que marque la vallée quelques kilomètres au sud de DOGONDOUTCHI, s'apparentent aux sables éoliens au nord de cette limite par la forme de la courbe de fréquence, le tri et la finesse (cf. planches 9 et 12). Cette modification analytique, observée dès le profil NF 46 situé 13 kms au Nord de DOGONDOUTCHI, s'accompagne d'une modification du mode qui devient nettement éolien. Ceci implique un remaniement éolien important accompagné d'apports, au moins pour les classes fines de sables, déficitaires dans les alluvions sableuses anciennes.

La vallée du goulbi de MARADI présente une terrasse ancienne, recréusée par le cours actuel et généralement recouverte par des dépôts plus récents d'origine éolienne ou colluviale, mais dont quelques lambeaux restent visibles au long du cours, en particulier à TARKA et quelques kilomètres au Nord de MARADI. La granulométrie des sables de cette terrasse s'apparente à celle des alluvions des vallées sèches (cf. planches 8 et 9), marquant par contre un certain étalement vers les sables fins et un mode grossier un peu moins accusé. Les alluvions actuelles se distinguent nettement des dépôts anciens. Les sables grossiers disparaissent au Nord de MADAROUNFA, où les alluvions deviennent finement sableuses (cf. Planche 8) ou argileuses

22 - 2 - Etude morphoscopique des sables :

L'étude morphoscopique des sables a été effectuée par MM. LAUNAY et WACHERMAN, géologues ORSTOM.

Les catégories suivantes ont été distinguées

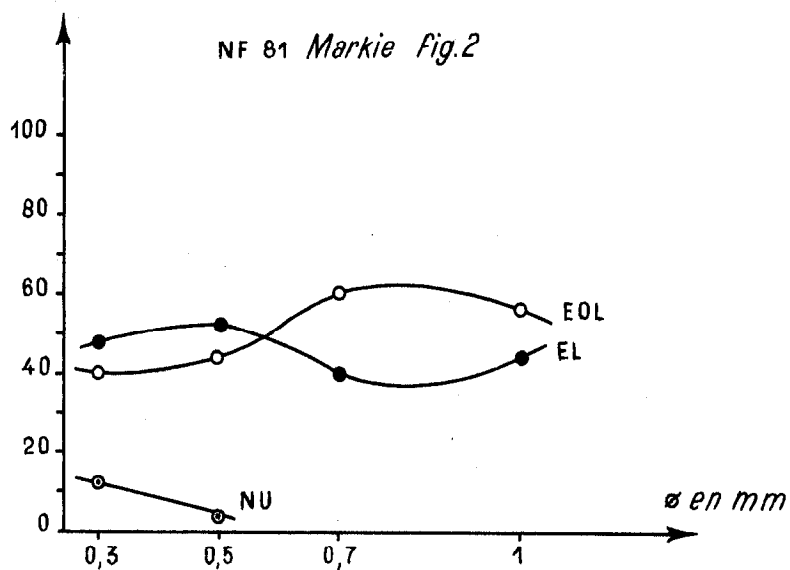
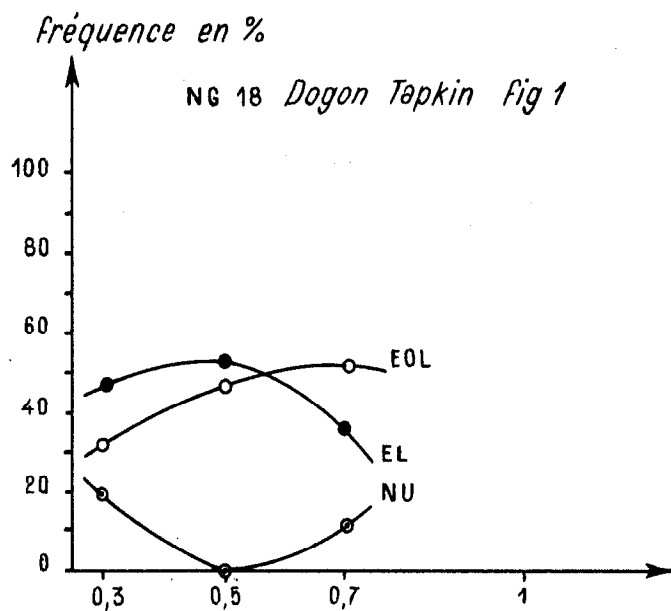
- Grains non usés : ce sont les grains qui ne portent pas de traces d'actions mécaniques de transport, leurs contours sont anguleux, leurs faces lisses ou ternes
- Grains émoussés luisants : ils résultent d'une usure par l'eau à la suite d'un long frottement avec roulement. Ils caractérisent les alluvions fluviales
- Grains éolisés ou ronds mats : ils se forment sous l'effet d'une longue usure due aux chocs subis lors du transport éolien.

Dans les deux premières catégories ont été distingués les grains altérés par corrosion chimique. On n'a pu déceler les grains éolisés altérés car l'altération chimique masque l'aspect mat ou finement picoté, et l'ensemble des grains altérés a été classé dans la deuxième catégorie. De ce fait, il est très probable que les proportions de sables éolisés ont été sous estimées, particulièrement lorsque l'action chimique est intense.

MORPHOSCOPIE DES SABLES

(d'après M.M. Wackerman et Launay)

Ergs anciens



- NU Grains non usés
- NU_a Grains non usés altérés
- EL Grains émoussés luisants
- EL_a Grains émoussés luisants altérés
- EOL Grains éolisés

Planche 13 bis

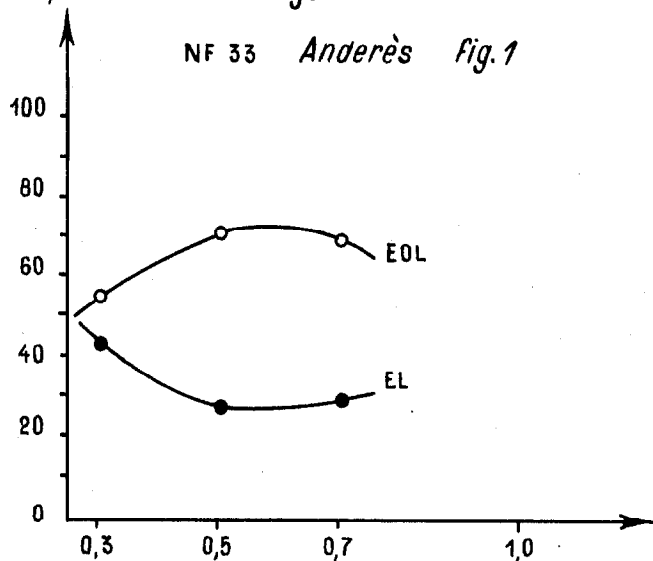
\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-
0,7	4	8	12	-	36	36	52
0,5	-	-	-	16	36	52	48
0,3	8	12	20	16	32	48	32

\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	4	40	44	56
0,7	-	-	-	12	28	40	60
0,5	4	-	4	8	44	52	44
0,3	-	12	12	-	48	48	40

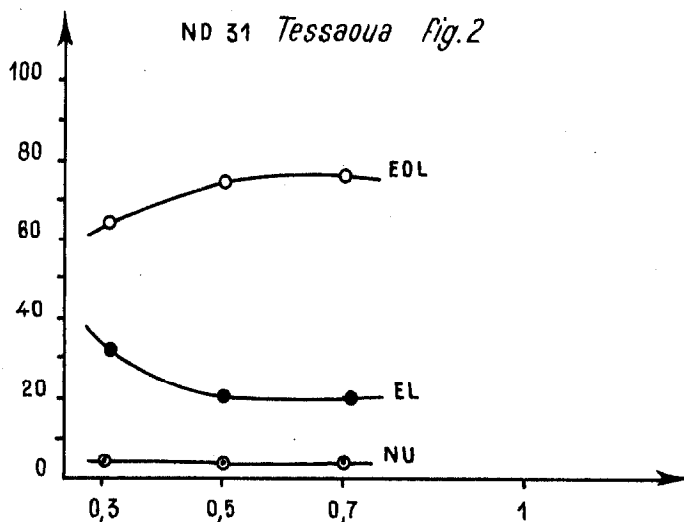
MORPHOSCOPIE DES SABLES

Fréquence en % Ergs récents

NF 33 *Anderès* fig.1



ND 31 *Tessaoua* fig.2



Ensablement de la vallée du Dallol Maori Nord

NF 16 *Domfon* fig.3

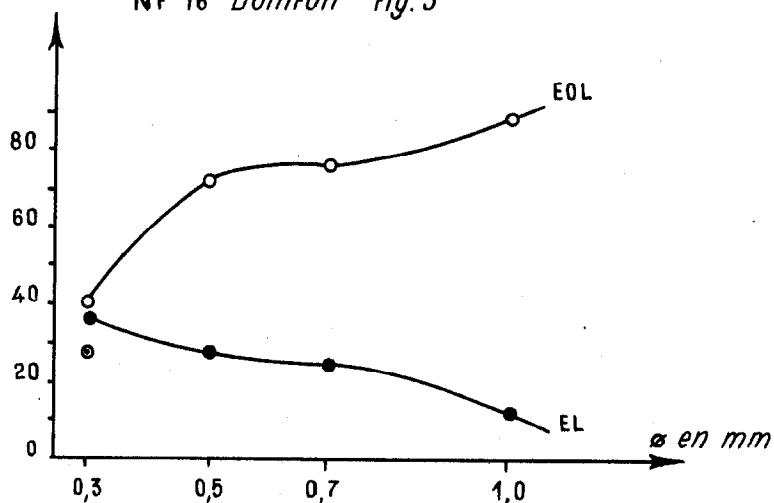


Planche 14 bis

\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	-	-	-	-
0,7	-	-	-	5	25	30	70
0,5	-	-	-	4	24	28	72
0,3	-	-	-	-	44	44	56

\varnothing en mm	NU	NU _a	$\bar{\Sigma}$	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-
0,7	4	-	4	12	8	20	76
0,5	4	-	4	8	12	20	76
0,3	4	-	4	12	20	32	64

\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	-	12	12	88
0,7	-	-	-	-	24	24	78
0,5	-	-	-	-	28	28	72
0,3	4	20	24	-	36	36	40

MORPHOSCOPIE DES SABLES

Formation sableuse de Maradi

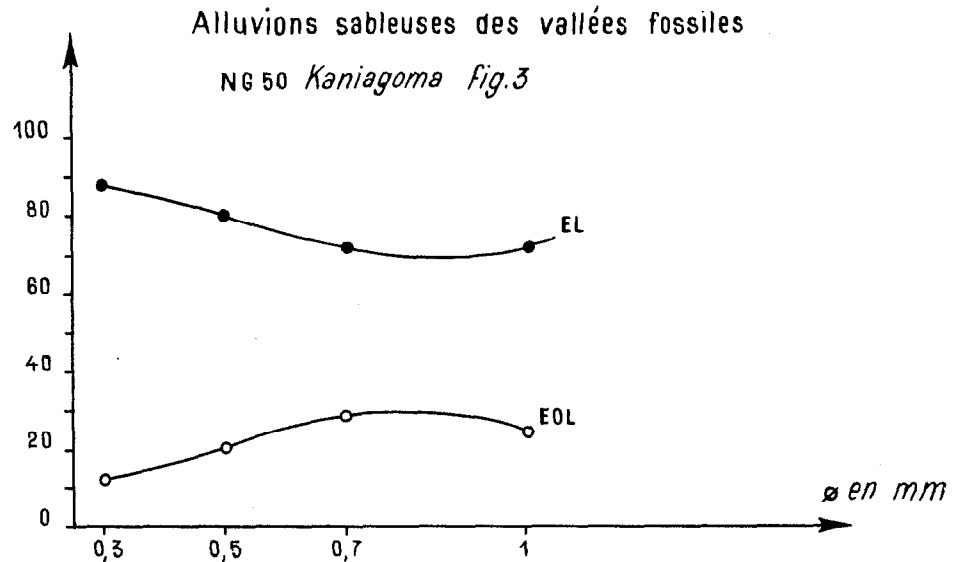
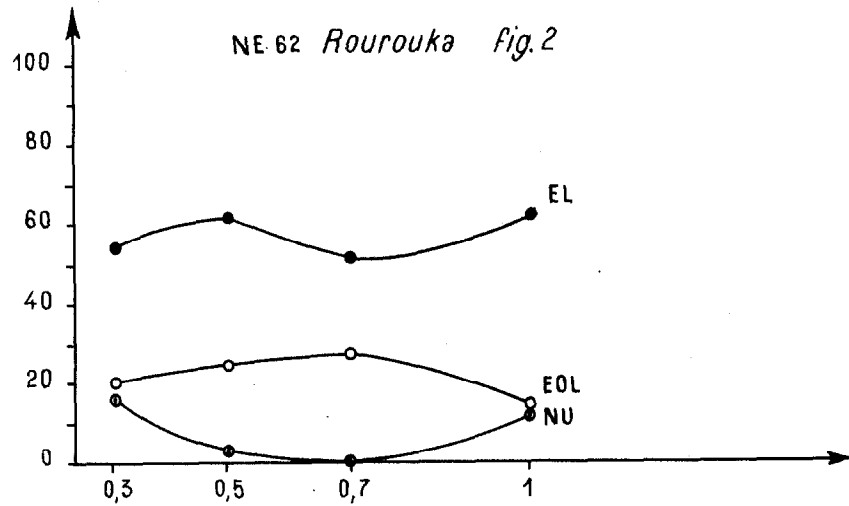
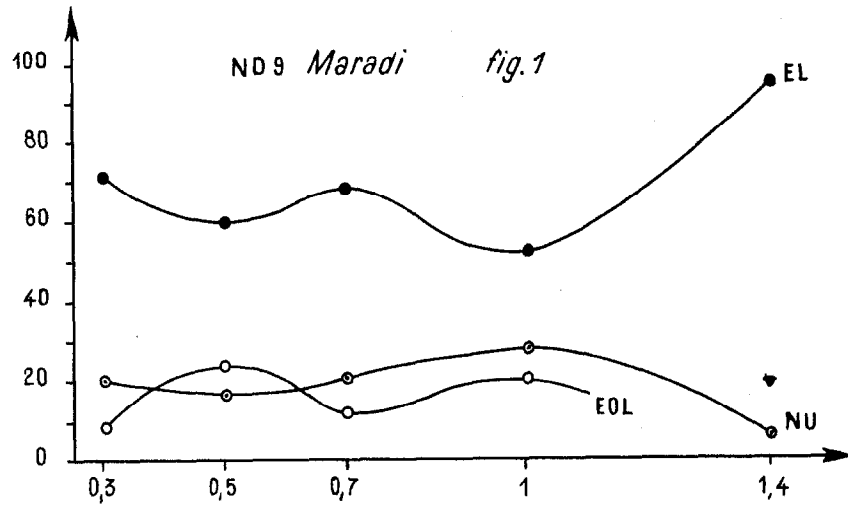


Planche 15 bis

\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	5	5	5*	90	95	-
1,0	12	16	28	-	52	52	20
0,7	4	16	20	4	64	68	12
0,5	-	16	16	8	52	60	24
0,3	12	8	20	-	72	72	8

\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1	4	8	12	8	64	72	16
0,7	-	-	-	12	50	62	28
0,5	4	-	4	4	68	72	24
0,3	8	8	16	8	56	64	20

\varnothing en mm	NU	NU _a	Σ	EL	EL _a	Σ	EOL
1,4	-	-	-	-	-	-	-
1	4	-	4	12	60	72	24
0,7	-	-	-	20	52	72	28
0,5	-	-	-	28	52	80	20
0,3	-	-	-	36	52	88	12

Les ergs anciens (planche I3 - fig. I et 2)

Les grains émoussés luisants et les grains éolisés sont en quantités globalement équivalentes, les premiers dominant dans les tailles inférieures à 0,5 mm, les seconds dans les tailles supérieures ; l'action éolienne marque en effet en premier lieu les grains les plus grossiers.

Les traces de transport hydriques (émoussés luisants) ne peuvent être attribuées intégralement aux remaniements qui ont libéré les sables du substrat gréseux, car elles préexistent dans les grès eux-mêmes. La proportion de sables éolisés dans la fraction grossière est suffisante (50 à 60 %) pour traduire une action éolienne très prolongée. La présence dans certains matériaux (NG I8) de grains grossiers non usés résulte vraisemblablement d'un mélange de sables éoliens avec des sables autochtones ou transportés sur de courtes distances : elle va d'ailleurs de pair avec une teneur plus élevée en éléments fins eux-mêmes d'origine locale.

Les ergs récents (planche I4 - fig. I et 2)

L'éolisation des sables est ici beaucoup plus accusée. La moindre extension des ergs récents par rapport à celle des ergs anciens au NIGER Central permet de supposer que l'action éolienne y a été moins intense lors de la deuxième phase aride. L'éolisation plus accentuée des sables des ergs récents ne peut, dans cette hypothèse, s'expliquer que par la reprise d'éléments déjà marqués par le vent lors de la première phase aride.

La formation sableuse de MARADI (planche I5, fig I et 2)

L'étude morphoscopique montre une faible éolisation des matériaux sableux, les éléments d'origine fluviatile dominant largement. Ces résultats sont compatibles avec l'hypothèse d'un remaniement sur courtes distances de matériaux d'origine locale (alluvions du quaternaire ancien de MARADI)

Les alluvions sableuses (planche I5 ; fig 3)

Elles sont surtout marquées par le transport par l'eau, mais les sables éolisés ne sont pas absents.

L'homogénéité granulométrique et morphoscopique de ces alluvions, au long de cours s'étendant sur plusieurs centaines de km, indifférente à la variété des bassins (terrasse ancienne du goulbi de MARADI, goulbi de N'KABA, vallée de TARKA, vallée du RAFI, dallol MAOURI aval) ne peut que résulter d'un mode d'alluvionnement particulier qui, à notre connaissance, ne se produit plus de nos jours. Leur mise en place est vraisemblablement postérieure à celle des ergs anciens qu'elles interrompent, elle est antérieure à celle des ergs récents puisque la vallée du dallol MAOURI est envahie jusqu'à DOGONDOUTCHI de sables éoliens récents (ce que confirme l'analyse morphoscopique : planche I4 fig. 3). Dans cette hypothèse, l'alluvionnement a pu s'alimenter au dépens des ergs anciens.

L'analyse morphoscopique confirme et complète les conclusions tirées de la granulométrie des sables quant à la succession chronologique, l'origine et l'homogénéité des formations sableuses identifiées lors de la prospection.

IV - LA VEGETATION

L'aspect et la composition floristique de la végétation traduisent la résultante de deux facteurs ; le climat et le sol. Les variations dues au climat sont très progressives, au contraire de celles induites par le milieu édaphique, qui est d'autant plus sélectif que les conditions climatiques sont plus rigoureuses.

Dans ce paragraphe, nous étudierons les principales formations végétales selon la terminologie d'A. AUBREVILLE, en ne citant que les espèces ligneuses herbacées les plus couramment répandues dans chaque unité.

Les formations végétales climatiques

Les variations climatiques, et particulièrement celles de la pluviométrie, s'accompagnent de modifications morphologiques et floristiques. Les variations de formation sont les plus frappantes, on observe du sud au nord une réduction de la végétation ligneuse en taille et en densité, ~~rencontrant~~ rencontrant successivement les forêts claires, les savanes arborées, qui s'éclaircissent progressivement pour passer à la steppe arbustive.

La province boréale des forêts claires et des savanes arborées, dont la limite nord passe entre les isohyètes 600 et 500 mm, trouve son extension maximum au sud de MARADI, dans la région la plus méridionale du NIGER Central. Vers l'Ouest, elle forme une bande étroite et discontinue, longeant la frontière de NIGERIA, très souvent modifiée par les conditions édaphiques, puis s'étend à nouveau vers le Sud au-delà de DOGONDOUTCHI.

Les forêts claires sont assez rares et s'observent par flots dans les régions peu occupées par l'homme par suite des difficultés d'utilisation agronomique des sols. Il s'agit essentiellement de la zone granitique assez accidentée située au Sud de la province de MARADI, ainsi que des restes de plateau à couverture alluviale caillouteuse qui la prolongent vers le Nord.

La formation la plus courante est à dominance d'*Anogeissus leiocarpus*, particulièrement abondant, dans les axes de drainage, plus rare et chétif sur le plateau et les versants, à sols généralement peu épais.

Principales autres espèces présentes

Strate arborée

Prosopis africana
Albizia chevalieri
Detarium microcarpum
Lannea acida
Khaya senegalensis

Strate arbustive

Guiera senegalensis
Combretum micranthum
Cassia singuineana
Grewia bicolor

Le tapis herbacé est clair et surtout composé d'annuelles : *Andropogon amplexans*, *Loudetia togoensis*, *Ctenium elegans*, *Pennisetum pedicellatum*.

Les savanes arborées s'étendent plus au Nord, théoriquement sur le reste de la superficie, mais très dégradées par les cultures, elles ne sont également maintenues que dans les zones peu exploitées. Nous avons observé quelques belles savanes à *Boswellia dalzielii*, souvent présent sur les sols de la série de MADAROUNFA, et accompagné alors de *Poupartia birrea*, *Combretum glutinosum* var. *passargei*, *Prosopis africana*, *Bombax costatum*, avec en sous-strate *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*, et plus à l'Ouest, *Combretum nigricans*. Le tapis graminéen est composé des mêmes espèces que celui des forêts claires à Anogoissus, un peu plus dense, souvent envahi par *Cochlospermum tinctorium*.

Les autres types de savanes arborées, très éclaircies par les défrichements, ne subsistent que sous forme d'îlots. Ce sont la savane à *Prosopis africana* et à *Butyrospermum parkii*, associés à *Combretum glutinosum*, *Poupartia birrea*, *Sterculia setigera*, et, plus au Nord, la savane à *Combretum glutinosum* accompagné de *Poupartia birrea* et de *Prosopis africana*. En sous-strate de ces deux formations, on relève *Guiera senegalensis*, *Bauhinia reticulata*, *Zizyphus mauritiaca* ; le tapis est mixte à dominance de *Ctenium elegans*, avec *Loudetia togoensis*, *Aristida longiflora* (vivace), *Andropogon gayanus* (viv.)

Dans les zones très cultivées subsistent surtout les espèces respectées par l'homme pour leur intérêt alimentaire (*Butyrospermum parkii*, *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Poupartia birrea*) ou agronomique (essentiellement le *Faidherbia albida*, dont l'influence bénéfique a été mise en évidence au NIGER par F. DUGAIN). D'autres espèces se sont multipliées grâce à un pouvoir de régénération particulièrement développé ; il s'agit de *Bauhinia reticulata*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*, dont les repousses abondent dans les jachères.

Vers le Nord, faisant la transition avec les formations steppiques, s'étend la savane faiblement arborée à *Poupartia birrea*, dont la limite septentrionale dépasse par endroit le 15° parallèle (Est de l'ADER DOUTCHI) atteignant ainsi des régions à pluviométrie de l'ordre de 300 mm. Le tapis graminéen change également entre les isohyètes 400 et 500 mm, avec l'apparition d'*Aristida mutabilis*, associée à *Aristida longiflora*, et *Cenchrus biflorus*.

La province boréale occidentale des formations steppiques et désertiques couvre au nord de la carte une bande large d'une cinquantaine de kilomètres, interrompue par l'ADER DOUTCHI et par l'avancée de la savane à *Poupartia birrea* à l'Est de cette même région. La seule formation présente dans notre zone d'étude est la steppe à *Commiphora africana*, les steppes à *Acacia* ne commencent à prendre de l'importance que 50 km environ au Nord de TAHOUA (AUBREVILLE). La steppe à *Commiphora* constitue la végétation naturelle des

... ergs anciens au Nord d'une ligne sinuant aux alentours de l'isohyète 400 mm. Piquetée de quelques *Poupartia birrea* à l'Est de l'ADER DOUTCHI, elle devient monospécifique à l'Ouest. Le tapis est constitué d'espèces annuelles, principalement *Aristida mutabilis* et *Andropogon amplexans*, souvent accompagnés de *Ctenium elegans*. Dans les zones très encroûtées *Blepharis linariifolia* tend à remplacer les graminées.

Les peuplements d'*Acacia* (*A. LAETA*, *A. TORTILIS*) sont localisés autour des mares, dans certains interdunes, dans le Nord des vallées sèches, ou dans certaines régions à sols argileux calcaires.

Les formations végétales édaphiques

Dans la zone semi-aride, à laquelle appartient la majeure partie du NIGER Central, toute variation des facteurs édaphiques, et particulièrement lorsqu'elle se produit dans un sens limitatif, entraîne une modification très importante et brutale de la végétation. Cette action des propriétés du sol peut même effacer presque complètement l'influence des variations climatiques. Ainsi les formations couvrant les affleurements de grès argileux sous la latitude de TAHOUA diffèrent très peu en composition et aspect de leurs homologues situés sous la latitude de DOGONDOUTCHI, bien que la différence de pluviométrie soit supérieure à 200 mm. Ce fait s'explique dans le cas considéré, par l'imperméabilité du sol qui entraîne l'élimination par ruissellement de l'eau non infiltrée ; or, la quantité d'eau infiltrée, fortement limitée par la nature du sol, est moins que proportionnelle à la pluviométrie.

En conséquence, lorsque le facteur limitant est rigoureux, on observera du Nord au Sud, une certaine uniformité dans les formations végétales correspondantes.

Les formations contractées

Lorsque la pluviométrie devient insuffisante, ou que les conditions édaphiques accroissent la sécheresse climatique, la végétation ligneuse tend à se localiser dans les sites où les conditions hydriques sont les moins défavorables, et prend un aspect contracté. Par ailleurs, lorsque le facteur limitant est l'imperméabilité du sol, l'effet néfaste de l'érosion s'ajoute à l'action de la sécheresse, et stérilise le sol par plaques.

Les formations réticulées

Ainsi nommées parce qu'elles dessinent sur les photographies aériennes, des motifs géométriques à aspect de réseau, elles s'observent sur les modèles dunaires anciens, où la végétation se localise dans les interdunes. En particulier, la steppe à *Commiphora*, considérée comme formation climatique parce qu'elle se trouve localisée dans une zone de pluviométrie bien définie, semble liée à certains caractères édaphiques, en particulier à la faible épaisseur des ensablements qu'elle colonise, et prend alors un aspect fortement réticulé. Elle se trouve par ailleurs exclue des formations sableuses épaisses et pauvres en colloïdes minéraux. Ceci rejoint les observations d'AUBREVILLE, qui associe la présence dans le TEGAMA de peuplements de *Commiphora* denses et très étendus à la proximité du soubassement gréseux imperméable. Ce fait est particulièrement net sur les ergs anciens très érodés situés à l'Ouest de l'ADER DOUTCHI où la sous-strate arbustive confirme la présence d'un substrat compact (*Combretum micranthum*, *Boscia senegalensis*, *Grewia flavescens*).

Sur ces mêmes formations d'ergs très érodés, la steppe à *Commiphora* passe vers le sud à une formation de même composition floristique, un peu plus haute et surtout plus dense, également réticulée, et qui prend un aspect de savane arbustive ; la savane à *Commiphora*, observée jusqu'à la frontière du Nigéria, Seul le tapis change, *Ctenium elegans* remplaçant *Aristida mutabilis*.

Les bush ou halliers

Traduisent très fidèlement la présence soit d'un sol imperméable, soit d'un niveau grossier à faible profondeur.

Les formations les plus typiques s'observent sur les affleurements de grès argileux (Ct 2 - 3) très abondants à l'Ouest de l'ADER DOUTCHI. La végétation prend alors l'aspect d'un taillis de 2 à 3 m de haut, de densité irrégulière, comprenant, à surfaces approximativement égales, des buissons touffus et des zones dénudées ;

Principales espèces observées

<i>Combretum micranthum</i>	<i>Croton zambesicus</i>
<i>Acacia macrostachia</i>	<i>Boscia senegalensis</i>
<i>Dichrostachis glomerata</i>	<i>Guiera senegalensis</i>
<i>Commiphora africana</i>	<i>Cassia siberiana</i>
<i>Grewia flavescens</i>	<i>Boscia angustifolia</i>

Le tapis herbacé est absent dans les zones dénudées qui gardent souvent les traces du piétinement intense par les troupeaux durant la saison des pluies, il est très maigre sous les buissons où quelques rares touffes de graminées réussissent à végéter, composées essentiellement de *Pennisetum pedicellatum*, *Eragrostis tremula*, et parfois *Schoenfeldia gracilis* ou *Cymbogon schoenanthus*.

Sur les placages argileux peu épais recouvrant la dalle du grès ferrugineux (Ct_I) de l'ADER DOUTCHI, la végétation présente un aspect analogue, mais est enrichie de certaines espèces plus exigeantes : *Combretum glutinosum*, *Bauhinia reticulata*, *Acacia laeta*, *Lanea acida.*, *Commiphora africana*, présent jusqu'à la limite d'ILLELA, disparaît plus au sud, où l'on voit apparaître, vers la frontière de NIGERIA, quelques *Anogeissus leiocarpus*.

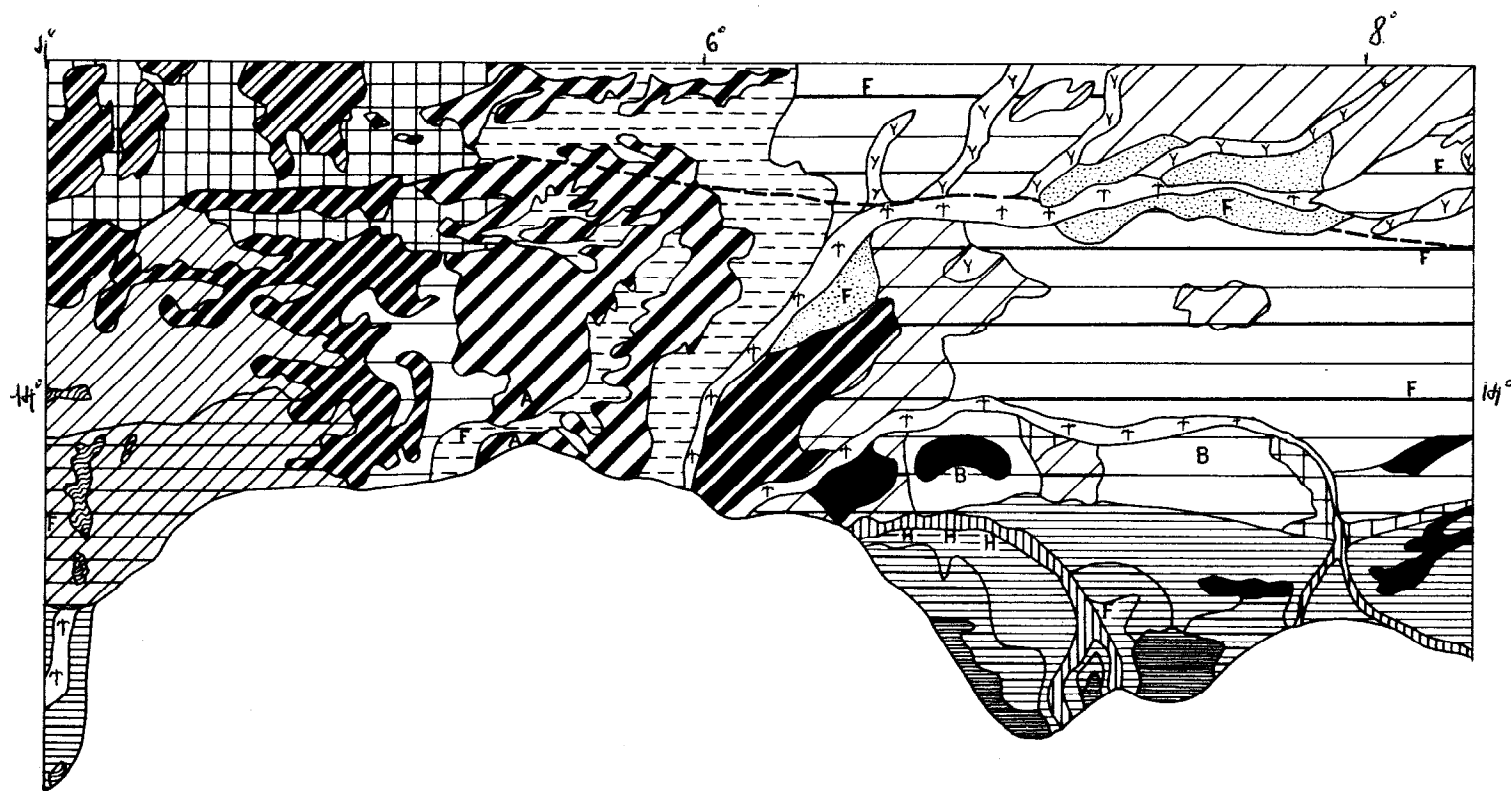
Les grès du Continental Hamadien, lorsqu'ils ne sont pas ensablés, sont généralement recouverts par un placage argileux ou argilo-sableux reposant sur un ~~reg~~ résiduel formé de concrétions, débris de cuirasses et galets de quartz. La végétation correspondante est également un bush assez dense, mais fréquemment dominé par quelques *Bombax costatum*, *Poupartia birrea*, *Combretum glutinosum*.

Sur le plateau du moyen NIGER (Ct₃), la végétation, de même composition floristique que celle couvrant les grès³ argileux du Continental Terminal, s'organise en bandes alternées de buissons et de surfaces dénudées, pour donner une formation dénommée brousse tigrée, par suite de son aspect en photographie aérienne. L'examen de profils en zone dénudée et couverte ne nous a pas apporté de renseignements précis quant à l'origine de ces bandes. Seul, l'entretien du phénomène par l'érosion qui décape et compacte l'horizon supérieur des zones dénudées apparaît nettement.

Les formations psammophiles :

Les ergs récents, ainsi que les ergs anciens rajeunis ou peu atteints par l'érosion, portent des savanes à Terminalia avicennoides et à Combretum glutinosum ou des savanes monospécifiques à *Combretum glutinosum* (est de l'ADER DOUTCHI). Le tapis est vivace, à dominance d'*Aristida longiflora*, parfois accompagnée d'espèces annuelles (*Ctenium elegans*, *Andropogon amplexifolius*). Sur certains ergs récents (erg de GAZAOUA, erg de TAGUIRISS) la strate arborée disparaît presque complètement pour faire place à une prairie herbeuse piquetée de quelques arbres.

VÉGÉTATION NIGER CENTRAL



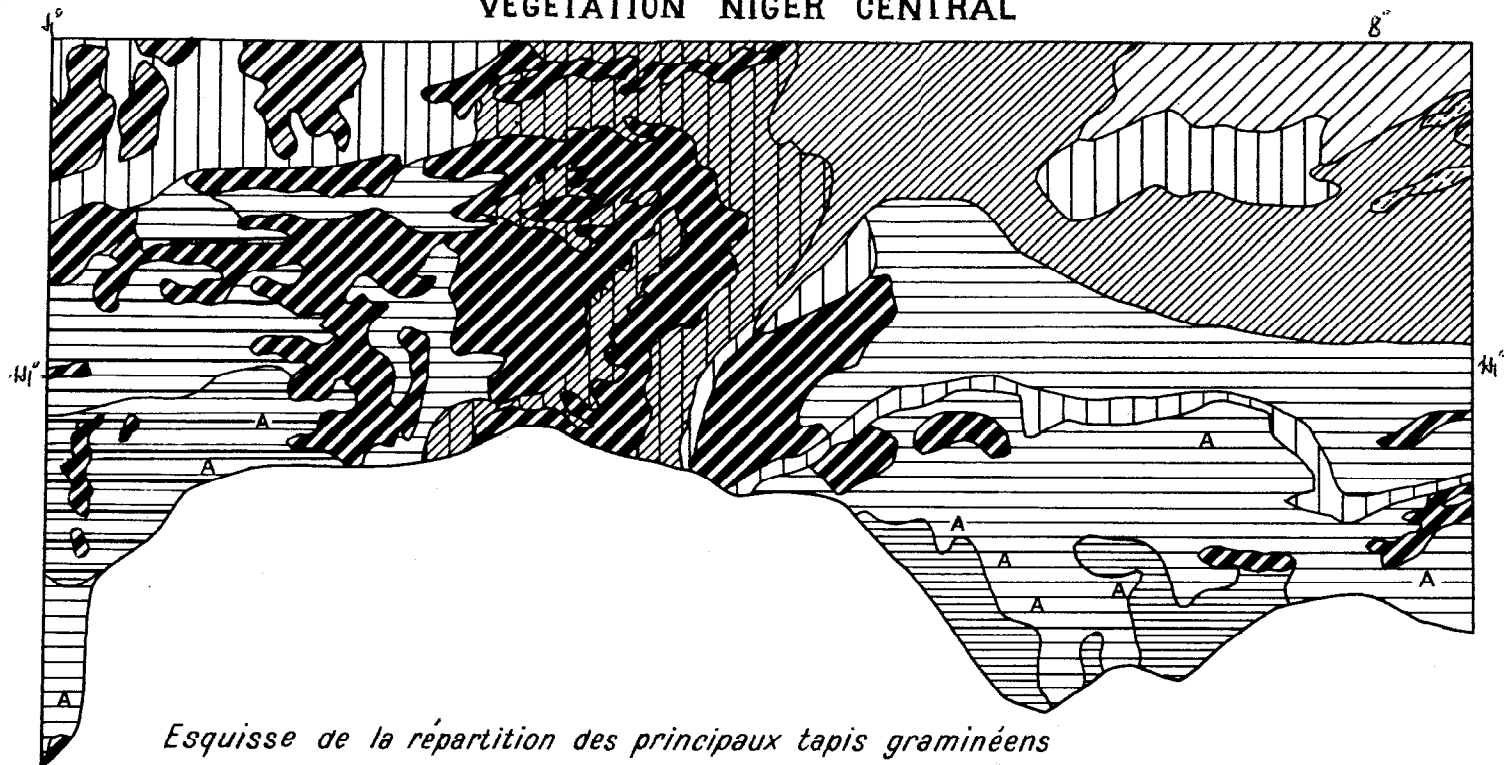
Esquisse de la répartition des principales formations végétales

Echelle 1/2.500.000

Légende de la planche 16 A

		Formations édaphiques et leur extension climatique au Niger Central											
		Sols très sableux		Ergs anciens occidentaux très érodés	Sols légèrement compacts	Sols imperméables ou peu épais				Formations ripicoles	Formations des vallées sèches		Formation des vallées de l'Ader Douchi
		Savanes herbeuses	Savanes à <i>Combretum glutinosum</i> et <i>Terminalia avicennoides</i>	Savane à <i>Commiphora africana</i>	Savane à <i>Commiphora africana</i> et <i>Poupartia birrea</i>	bush à combretacées				Forêts galeries à <i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Tamarindus indica</i> , <i>Diospyros mespiliiformis</i>	Palmeraies d' <i>Hyphaene thebaica</i>	Bois armés à <i>Acacia tortilis</i>	Savanes à <i>Combretum glutinosum</i> associées à des formations arbustives dégradées à <i>Boscia Sénégalensis</i> et à des Savanes à <i>Acacia</i>
						sur grès argileux ct ₂₋₃	sur plateau du moyen Niger ct ₃	sur dalle ferrugineuse ct ₁	sur grès continentaux crétacés				
formations climatiques ↑ Pluviométrie croissante	Province boréale des forêts claires et des savanes arborées	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	<i>Forêts claires à Anogeissus leiocarpus</i> 7 <i>Savanes arborées à Boswellia dalzieli</i> 6 <i>Savanes arborées à Prosopis africana et Butyrospermum parkii</i> 5 <i>Savanes arborées à Combretum glutinosum</i> 4 <i>Savanes arborées à Poupartia birrea</i> 3												
	Province boréale occidentale de formations steppiques et désertiques												
	<i>Steppe arbustive à Commiphora africana</i> 2 <i>Steppe arbustive à épineux</i> 1												
	Associations	Peuplements divers											
	2+12	<i>Faidherbia albida</i> (F) <i>Boswellia dalzieli</i> (B) <i>Anogeissus leiocarpus</i> (A) <i>Hyphaene thebaica</i> (H)											
	4+10												
	9+10												
	14+15												

VÉGÉTATION NIGER CENTRAL



Esquisse de la répartition des principaux tapis graminéens

Tapis continus

- tapis d'annuelles

- à *Andropogonées* (*A. amplexans*, *A. pulchellum*)
Loudetia togoensis, *Ctenium elegans* 1

- à *Aristida mutabilis* et *A. amplexans* 2

- à *Ctenium elegans* et *A. amplexans* 3

- tapis mixtes

- à *Ctenium elegans*
Aristida longiflora - *Loudetia togoensis* 4

- à *Aristida longiflora* et *A. mutabilis*
Aristida stipoides - *Cenchrus biflorus* 5

- tapis vivaces

- à *Aristida longiflora*
parfois associée à *Ctenium elegans*
et *A. amplexans* 6

Tapis discontinus

- tapis d'annuelles

- à *Pennisetum* 7

- tapis mixtes

- à *Cymbopogon schoenanthus*
et *Schoenefeldia gracilis* 8

Tapis locaux à Andropogon gayanus A

Associations

6, 7, 8

2, 7

4, 3

Les formations des mares :

Presque exclusivement composée d'acacias (*A. Seyal*, *A. Nilotica*, *A. Flava*) dans le nord, la végétation couvrant les dépôts argileux des mares est beaucoup plus variée dans la zone méridionale ; on y trouve des mêmes acacias (*A. Flava* excepté) associés à *Tamarindus indica*, *Anogeissus leiocarpus*, *Mitragyna inermis*, *Diospyros mespiliformis*...

Les formations ripicoles et des vallées sèches

Les berges des cours d'eau temporaires (goulbi de MARADI, goulbi de GAZAOUA) portent une végétation arborée assez dense, assimilable à la forêt galerie, au moins sur certaines parties du cours. La composition floristique est analogue à celle de la végétation des mares, augmentée d'*Hyphaens* et, vers le sud de *Borassus flabellifer* et de *Parinari macrofila*.

Les vallées sèches (goulbi de TARKA, et N'KABA, aval du dallol MAOURI) sont le domaine du palmier Doum (*Hyphaens thebaica*), parfois, associé à des acacias qui deviennent dominants dans les cours amont des goulbis de TARKA et N'KABA.

V - AGRICULTURE

L'agriculture du NIGER repose sur un petit nombre de spéculations parmi lesquelles viennent en tête les cultures vivrières essentiellement représentées par le mil pénicillaire, le sorgho et le niébé. Les cultures industrielles viennent ensuite avec l'arachide, dont les superficies cultivées sont du même ordre de grandeur que celles du sorgho et du niébé, et le coton dont le NIGER Central concentre 80 % de la superficie totale cultivée au NIGER

TABLEAU IV
PRINCIPALES CULTURES DU NIGER CENTRAL (I)

Cultures	Superficie cultivée en ha	Rendement moyen en kg/ha
	(I 9 6 0)	(I 9 6 0)
Mil pénicillaire	397 000	450
Sorgho	140 000	640
Niébé	142 000	90
Arachide	135 000	470
Manioc	4 600	7 000
Coton	4 400	385

Le mil pénicillaire

Le mil assure, avec comme appoint le sorgho, l'essentiel de l'alimentation de la population du NIGER. C'est la culture la plus répandue, car la mieux adaptée aux sols sableux, largement dominants au NIGER Central et aux pluviométries faibles. Les rendements varient cependant sensiblement avec la pluviométrie.

	Pluviométrie	Rendements en kg
Secteur de MARADI	610 - 660 mm	600
Secteur de DAKORO	410 - 440 mm	300

Si le mil végète sur les terres pauvres, avec des rendements médiocres il est très sensible à l'amélioration de la fertilité, en particulier aux apports d'azote sous forme d'amendements organiques ou minéraux, mais la rentabilité de ces derniers n'a pu être démontrée au NIGER.

Le niébé :

Il présente la même extension climatique que le mil mais s'adapte à une plus grande variété de sols.

Le sorgho :

Malgré l'existence de certaines variétés adaptées aux sols sableux, le sorgho se cantonne généralement dans les terres moins légères. Il est également plus exigeant en eau et la limite septentrionale de son extension (cultures d'hivernage) dépasse peu l'isohyète 500 mm, au delà de laquelle subsistent seuls le mil et le niébé. Les cultures de décrue sont moins dépendantes de la pluviométrie et remontent dans les vallées de l'ADER DOUTCHI jusqu'à la latitude de TAHOUA avec des rendements élevés (1100 kg/ha).

L'arachide :

La principale zone arachidière du NIGER Central se situe au Sud et à l'Est du goulbi N'KABA (régions de MARADI et de TESSACUA) où sont à la fois réunies les conditions édaphiques (sols sableux) et climatiques (pluviométrie de l'ordre de 600 mm) convenables. Plus au Nord l'arachide se cantonne dans les zones basses, mieux alimentées en eau, jusqu'à l'isohyète 450 mm. Elle disparaît presque à l'Ouest de l'ADER DOUTCHI où elle ne réapparaît qu'au Sud de DOGONDOUTCHI.

Le manioc doux :

L'extension du manioc doux coïncide sensiblement au NIGER Central avec celle de l'arachide ; en sol sableux, il est cultivé de préférence dans les zones basses.

Le coton :

La culture du coton (décrue) est presque exclusivement localisée sur les alluvions des vallées de l'ADER DOUTCHI et du goulbi de MARADI. Les premières sont les plus favorables de par leur richesse chimique et leurs propriétés physiques convenables.

Le blé :

Le blé ne fait l'objet que d'une culture de quelque importance que dans les vallées septentrionales de l'ADER DOUTCHI, sur des sols alluviaux très argileux mais restant assez perméables ; l'irrigation y est pratiquée à la callebasse.

Le riz :

Le riz est très peu cultivé au NIGER Central (secteurs de BIRNI N'KONNI et de MADAOUA). Certains sols lui conviendraient cependant très bien (vertisols hydromorphes) qui restent incultes faute d'aménagement hydraulique convenable.

"

"

"

La répartition des cultures au NIGER Central n'est pas uniforme et, si leur zonalité s'observe dans l'ensemble, leur densité est très variable. Il existe deux grandes zones d'agriculture intensive à vocations différentes et qui sont la région de MARADI et de TESSAOUA et l'ADER DOUTCHI et ses vallées. Le dallol MAOURI réalise également une concentration agricole importante mais d'extension plus réduite. Ces régions s'opposent à de vastes zones incultes particulièrement développées à l'Ouest de l'ADER DOUTCHI, dans les zones d'affleurement des grès argileux, où le facteur limitant résulte de l'association d'une fertilité générale faible et d'une érosion souvent active.

ETUDE PEDOLOGIQUE
=====

INTRODUCTION

La classification utilisée est celle des pédologues français, définie par M. G. AUBERT et remise à jour en 1962. Cette classification est générique, c'est-à-dire, que les unités sont définies d'après le processus d'évolution du sol (I) :

I - Les classes groupent les sols d'après les caractères fondamentaux de l'évolution, notamment :

- le degré de l'évolution, conduisant à une différenciation du profil de plus en plus marquée.
- la nature physicochimique de l'évolution, liée elle-même à trois propriétés essentielles : les conditions de l'altération, le type d'humus et le chimisme du complexe absorbant.

II - Les sous-classes se séparent le plus souvent par le facteur écologique de base, qui conditionne l'évolution (climat, roche-mère))

III - Les groupes diffèrent entre eux par une particularité du processus évolutif, l'intensité de l'altération ou le degré de lessivage par exemple.

IV - Les sous-groupes offrent le même profil d'ensemble et caractérisent une phase précise de l'évolution du groupe.

V - Les faciès font intervenir des stades d'évolution ou des types intermédiaires entre deux sous-groupes.

VI - Les familles sont déterminées par la nature du matériau originel.

Les niveaux inférieurs de la classification sont définis par des caractères secondaires qui différencient des sols appartenant au même

(I) G. AUBERT et Ph. DUCHAUFOR : projet de classification des sols
6ème congrès - PARIS - G. AUBERT : la classification pédologique
française (symposium de GAND 1962)

... sous-groupe, développés sur le même matériau. La série distingue les sols, selon l'épaisseur, le drainage, la texture ... Le type et la phase sont déterminés par les caractères de l'horizon supérieur et les facteurs anthropiques.

Les unités cartographiques se situent à des niveaux variables de cette classification, les niveaux inférieurs (série, type, phase) n'étant généralement utilisés que dans les cartes à grande échelle. En ce qui concerne le NIGER Central l'extension et l'uniformité des couvertures sableuses nous a amenés à différencier les unités cartographiques correspondantes par des caractères appartenant au niveau de la série. Les variations entre les matériaux sableux d'origine, d'âge ou de situation géomorphologique différentes, sont trop faibles pour apparaître à un niveau supérieur, mais elles ont cependant une influence non négligeable sur les caractères pédologiques et agronomiques. Les séries ainsi définies correspondent en fait à des chaînes de sols dont seuls les termes bien drainés ont été explicités dans la classification.

LEGENDE CARTOGRAPHIQUE ET REFERENCES AU TEXTE :

SOLS MINERAUX BRUTS (C.)	
SOLS MINERAUX BRUTS NON CLIMATIQUES (S.C.)	
SOLS MINERAUX BRUTS D'EROSION (G.)	
LITHOSOLS ET REGOSOLS (S.G.)	
Sur grès ferrugineux et grès argileux (f.)	34
SOLS PEU EVOLUES (C.)	
SOLS PEU EVOLUES NON CLIMATIQUES (S.C.)	
SOLS PEU EVOLUES D'EROSION (G.)	
REGOSOLS A FACIES INTERGRADE VERS LES SOLS SUBARIDES DE GLACIS (S.G. et F.)	
Sur grès et calcaires de l'Ador Doutchi (f)	35
REGOSOLS A FACIES INTERGRADE VERS LES SOLS FERRUGINEUX NON OU PEU LESSIVES (S.G. et F.)	
Sur placages sablo-argileux issus d'alluvions à galets (f)	40
Sur placages sablo-argileux sur dalle localement ferruginisée (f) ..	44
SOLS PEU EVOLUES D'APPORT (S.C.)	

SOLS PEU EVOLUES D'APPORT BIEN DRAINES A FACIES INTERGRADE VERS LES SOLS FERRUGINEUX (S.G. et F.) Sur colluvions hétérogènes stratifiés (f)	49
SOLS PEU EVOLUES D'APPORT MAL DRAINES (S.G.) Sur alluvions sablo-argileuses issues du Ct _I (f)	52
Sur alluvions et colluvions hétérogènes (Ader Douchi) (f) ...	55
Sur alluvions récentes finement sableuses (f)	58
Sur alluvions hétérogènes indifférenciées (f)	62
VERTISOLS ET PARAVERTISOLS (C.)	185
VERTISOLS A PEDOCLIMAT LONGUEMENT HUMIDE (S.C.) VERTISOLS HYDROMORPHES LARGEMENT STRUCTURES DES LA SURFACE (G) Sur argiles alluviales (f)	191
VERTISOLS A PEDOCLIMAT TRES TEMPORAIREMENT HUMIDE (S.C.) VERTISOLS LITHOMORPHES A HORIZON DE SURFACE A STRUCTURE FINE (G.) Sur argiles sédimentaires (f)	186
SOLS ISOHUMIQUES (STEPPIQUES OU PSEUDOSTEPPIQUES) (C.) SOLS ISOHUMIQUES A COMPLEXE SATURE (S.C.) SOLS BRUNS ARIDES (G.)	63
SOLS BRUN ROUGE (S.G.)	65
SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIES (F) Sur sables éoliens (ergs récents) (f) Série de YAGADJI	66
Série d'EIDIR	69
Série de MARKIE	72
Série de TAGUIRISS	74
Série de TOUDOUNI	76
SOLS BRUN ROUGE TYPIQUES (F) Sur sables éoliens (ergs anciens) (f) Série de DAKORC	80
Série de DAN MAKAO	85
Série de CHINIELGA	86

Série de KOUKALATA	91
Série de BELBEDJI	93
Série de TAGAE	97
SOLS BRUN ROUGE A MARBRURES (F)	
Sur sables grossiers des vallées sèches (f)	I08
Association de sols brun rouge à marbrures	I08
de sols brun rouge à concrétions	I02
à des vertisols	I85
des sols calcomagnésimorphes	36
des sols peu évolués d'apport	35
SOLS BRUN ROUGE A CONCRETIONS (F)	
Sur sables grossiers argileux des vallées sèches (f)	I02
SOLS BRUN ROUGE DURCIS DE GLACIS (F)	
Sur grès et argiles sédimentaires du DAMERGOU	N.O. p..I54 (I)
Sur placages sablo-argileux sur reg résiduel (f)	III
^H En association avec des sols hydromorphes sur argiles all.....	I99
SOLS LA SESQUIOXYDES FORTEMENT INDIVIDUALISES (C.)	
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX (S.C.)	II5
SOLS FERRUGINEUX NON OU PEU LESSIVES (G.)	
SOLS FERRUGINEUX NON LESSIVES (S.G.)	
SOLS FERRUGINEUX NON LESSIVES TYPiques (F)	
Sur sables éoliens (ergs anciens) (f)	II6
SOLS FERRUNIGEUX NON LESSIVES A MARBRURES (F)	
Sur sables argileux (f)	I21
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER (S.G.)	
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER PEU DIFFERENCIÉS (F)	
Sur sables éoliens (ergs récents) (f)	
Série de GARAGOMZA	I25
Série de KORNAKA	I25
En association à la série de MARADI	I46
Série de BAGAROUA	I30

(I) L'abréviation N.O. p ... renvoie à l'Etude Pédologique du NIGER Oriental où ces sols ont été étudiés.

Sols de la vallée du Goulbi N'KABA	N.O. p I81
en association à des sols hydromorphes sur des grès argileux	N.O. p I73
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER TYPIQUES (f)	
Sur sables éoliens (ergs anciens) (f)	
association à sols hydromorphes	N..O. p I97
Série de DADORIA	I35
en association à des sols ferrugineux lessivés sans concrétions	
Série de TANTCHIA	I40
Série de DANGONA	I41
Série de SAMIA	I45
Sur sables faiblement argileux de MARADI (f)	
Série de MARADI	I46
Série de MADAROUNFA	I53
Série de WAKASOU	I46
Sur sables de la formation de bande (f)	N.O. p. 226
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER A MARBRURES (F)	
Sur sables éoliens (ergs anciens) (f)	
Série de SOULOULOU	I56
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER A CONCRETIONS (F)	
Sur placages sablo-argileux (f)	
Série de KOUROUNGOUSA	I58
Série de GIDAN ROUMJI	I61
Sur sables éoliens (ergs anciens) (f)	
Série de KOUTOUMBOU	I64
Série de AJEKORIA	I68
Sur sables grossiers des vallées sèches (f)	
Série de KANIAGOMA	I71
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER GRIS ET OCRE DE BAS FOND (F)	
Sur sables faiblement argileux de MARADI (f)	
Série de NGAYAKOLI	I46
Sur sables éoliens (ergs anciens) (f)	
Série de BAOUDETA	I35
en association avec la série de DADORIA	I35

Sur sables grossiers des vallées sèches (f)	
Série de ZOUZOURMA	I74
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVES (G)	
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVES SANS CONCRETIONS (S.G.)	
Sur placages colluviaux argilo-sableux (f)	I79
SOLS FERRUGINEUX LESSIVES A CONCRETIONS (S.G.)	
Sur grès argileux (f)	I82
SOLS HYDROMORPHES (C.)	
SOLS HYDROMORPHES MINERAUX (S.C.)	
SOLS A GLEY (G.)	
SOLS A GLEY DE PROFONDEUR (S.G.)	
Sur dépôt de colmatage d'erg ou de massif sableux (f)	<u>N.O.</u> p 34I
Sur sables grossiers des vallées sèches (f)	I96
SOLS A PSEUDO-GLEY (G.)	
SOLS A TACHES ET CONCRETIONS (S.G.)	
Sur alluvions du Goulbi N'KABA	N.O.. p. 336
Sur alluvions argilo-sableuses (f)	208
Sur matériau sablo-argileux issus de granites calco- alcalins	202
Sur matériau argilo-sableux (f)	
Association à lithosols et paléosols érodés	204
Association a sols à accumulation calcaire d'origine biologique et à des sols ferrugineux peu lessives sur sables	204
Série de SARKAKI	205

Abréviations :

N.O. renvoie à l'Etude Pédologique du NIGER Oriental
C. classe - S.G. = sous-classe - G = groupe - S.G. = sous-groupe -
F = Faciès - f = famille.

I - SOLS MINÉRAUX BRUTS

Les sols minéraux bruts sont caractérisés par l'absence d'évolution pédologique due soit à des conditions climatiques ne permettant pas l'altération des roches (sols minéraux bruts d'origine climatique), soit à des facteurs mécaniques (sols minéraux bruts d'origine non climatique) :

- érosion entraînant l'ablation des produits d'altération au fur et à mesure de leur formation (sols d'érosion)

- apports trop récents pour qu'une évolution pédologique se soit manifestée (sols d'apport)

On distingue deux catégories de sols minéraux bruts selon la dureté de la roche :

- des lithosols correspondant à des roches dures dans lesquelles la pénétration racinaire ne peut se faire que par des fissures préexistantes

- des régosols associés à des roches tendres, pénétrables par les racines.

Dans la zone étudiée, les conditions climatiques entraînent une altération suffisante des roches pour permettre le développement de sols lorsque n'agissent pas de façon intensive les facteurs mécaniques considérés ci-dessus. Les sols minéraux bruts sont essentiellement représentés par des affleurements de cuirasses, de grès ferrugineux (lithosols) ou argileux (régosols) appartenant généralement aux formations du Continental Terminal. Ces affleurements constituent rarement des surfaces importantes, ils apparaissent par tâches dans les zones les plus sensibles à l'érosion.

Sur la carte, les sols minéraux bruts sont représentés en association avec les sols évolués voisins, sauf lorsqu'ils correspondent à des reliefs représentables à l'échelle de l'étude.

II - SOLS PEU EVOLUES

Les sols peu évolués sont caractérisés par un profil faiblement différencié dans lequel on peut seulement distinguer un ou plusieurs horizons humifères reposant sur le matériau originel. Comme dans le cas des sols minéraux bruts, la cause de cette faible évolution peut être due soit à des conditions climatiques ne permettant pas une évolution plus poussée du sol, soit à des facteurs mécaniques d'érosion ou d'apport (alluvionnement ou colluvionnement).

Au NIGER Central les sols peu évolués appartiennent à la sous-classe des sols peu évolués d'origine non climatique.

Certains de ces sols, par des caractères secondaires très peu accusés peuvent s'interpréter comme des stades précurseurs de sols évolués ; on définit alors, au niveau faciès, des sols peu évolués intergrades vers l'unité de la classification dont ils manifestent un stade juvénile.

II - A - LES SOLS PEU EVOLUES

D' EROSION

II - A - I REGOSOLS A FACIES INTERGRADE VERS LES SOLS SUBARIDES DE GLACIS ^{sur gne} ET CALCAIRES DE L'ADER DOUTCHI

a) Morphologie

Ces sols se développent sur les versants des vallées de l'ADER DOUTCHI. Ils correspondent à des surfaces d'érosion (glacis ou versants) taillés, selon leur niveau, dans les grès ferrugineux du Continental Terminal, les calcaires éocènes ou les grès fins Maestrichtiens ; leur profil varie en fonction de l'origine du matériau et du modelé de leur support.

- Sols sur matériaux issus des grès ferrugineux du Continental Terminal -

Ils s'observent sur le galcis qui sépare la surface structurale du plateau de la corniche ; ce glacis constitue la zone de départ de l'érosion (têtes de ravines) qui limite fortement l'épaisseur de la couverture meuble. Ces mêmes sols occupent également les versants des reliefs témoins du Continental Terminal.

Le profil AD 333 est situé sur une colline à pavage de grès (grès quartzeux à ciment ferrugineux noir, grès oolithique, débris avec patine noir brillant ou brun jaune, discontinue et craquelée). La végétation est réduite à quelques buissons de *Boscia senegalensis* et touffes de graminées (*pennisetum*).

- 0 - 2 cm Croûte brun jaune clair, épaisse de 1 à 2 mm reposant sur un niveau où alternent des lits de sables fins de teinte sombre ou claire ; structure feuilletée ; compact, quelques rares canaux aplatis.
- 2 - 15 cm 7,5 YR 5/6 ; jaune rouge pâle, finement sableux, très travaillé par les animaux ; structure massive à débit polyédrique, cohésion moyenne, porosité d'ensemble assez grossière assez bien développée ; racines abondantes.
- 15 - ... Plus riche en débris caillouteux, peut être plus rouge, porosité plus développée.

L'horizon supérieur correspond à des dépôts de ruissellement, à structure laminaire, compacts, caractéristiques des sols de glaciés ; mais il est ici très peu épais, car le haut de versant où est situé le profil correspond dans l'ensemble à une zone de départ des éléments. Des minces dépôts (atterrissements) peuvent cependant s'y effectuer à l'aval des blocs du pavage qui dévient et ralentissent l'écoulement des eaux de ruissellement.

Les deux horizons suivants ne manifestent que des caractères d'évolution très peu accusés. La structuration et la porosité de l'horizon 2 - 15 cm sont liées à l'activité biologique intense qui s'y développe.

- Sols sur roche calcaire -

Le profil AC 58 a été observé non loin du village ASAGNAYA, sur un versant taillé dans l'éocène et recouvert d'un placage calcaire pulvérulent. De ce placage émergent des blocs de calcaires présentant un relief karstique (lapiaz) ; ils sont creusés d'alvéoles et de chenaux à arêtes vives dont la surface est recouverte d'une croûte craquelée à lichens.

Aspect superficiel : mince croûte jaunâtre formant surface de ruissellement.

- 0-20 cm IO YR 6,5/2 ; niveau à base festonnée (roches) ; matériau brun clair très calcaire, très compact ; structure massive se résolvant en poudre fine, cohésion moyenne.
- 5 -20 cm IO YR 8/I ; niveau calcaire à cohésion forte, gris blanchâtre avec pores à enduits blancs ; structure irrégulière ; blocs de calcaire de 4 à 5 cm ; ce niveau repose sur de gros blocs de calcaire blanc, fortement poreux à canaux et cavités identiques à ceux des blocs affleurants.

L'ensemble du matériau meuble coiffant le calcaire en place est d'origine colluviale, nous avons parlé de niveaux plutôt que d'horizons, car il y a des discontinuités entre eux. Ce matériau est issu de la désagrégation mécanique du calcaire qui prend une forme pulvérulente très particulière. Les phénomènes de dissolution paraissent très limités, et l'on n'observe pas d'appauvrissement notable du sol en calcaire ; les teneurs en calcaire total sont de 70 % en surface et de plus de 80 % en profondeur ; ce faible pouvoir dissolvant vis-à-vis du calcaire est dû à l'aridité du climat actuel à la fois chaud (les températures élevées réduisent la solubilité de CO₂ et, par suite, celle du calcaire) et sec. Par contre, les phénomènes karstiques qui marquent encore le calcaire en place, supposent un climat plus humide et plus frais que l'actuel.

- Sols sur grès maestrichtiens -

La surface des grès Maestrichtiens forme un glacis à pente moyenne (3 à 4%), reste d'une ancienne surface d'aplanissement, sur laquelle on observe des témoins de cuirassement (cuirasse conglomératique). La pente, relativement faible de ce glacis, faisant suite aux versants amont plus inclinés, favorise le dépôt des éléments arrachés aux niveaux supérieurs (Continental Terminal et Eocène), donnant de ce fait une origine variée au matériau. Malgré l'érosion encore très active, les sols y sont plus épais et les caractères évolutifs vers les sols brun rouge de glacis s'affirment.

Le profil AD 33I est situé sur un bas de glacis à pente de 3%. En surface alternent des plages découpées par l'érosion et de petites accumulations sableuses au pied des touffes de graminées (*Dactyloctenium*, *Cenchrus*) et des buissons de *Boscia senegalensis*.

- 0-15 cm AJaune rouge pâle parcouru de lignes rouges correspondant à la face inférieure d'anciennes croûtes ; finement sableux, formé d'une succession de lits, les uns très fins (moins de 1 mm) alternant avec d'autres plus épais (1 cm) à cohésion plus faible ; structure feuilletée, compact, quelques tubes gainés d'éléments fins.
- 15-20 cm Horizon le plus rouge, avec tâches diffuses rouges, sableux avec quelques oolithes ; structure à tendance polyédrique en assemblage très compact (1 cm), cohésion moyenne à forte, porosité mixte (tubulaire et interstitielle) fine, moyenne à médiocre, horizon le moins compact ; chevelu capillaire assez abondant.
- 20-44 cm Ocre jaune rouge pâle, très légèrement tacheté de rouge, sableux, ensemble massif à débit polyédrique, cohésion forte ; porosité tubulaire plus développée, nombreux canaux (0,5 à 2 mm) à face interne enduite, à orientation horizontale.
- 44-123 cm Jaune beige, taches rouges et très nombreuses mouchetures noires ; sablo-argileux, structure polyédrique en assemblage très compact (2 cm) ; cohésion forte, porosité tubulaire réduite.
- 123-145 cm Jaune beige ; avec ségrégations bien individualisées, rouges au centre, ocre jaune à la périphérie ; concrétions de même teinte, sans cortex à la partie supérieure, à cortex brun et enduit noir vers la base, leur disposition est verticale, leur tendance tubulaire ; sablo-argileux ; structure massive, cohésion forte ; porosité tubulaire faible.

La succession des horizons est celle qui caractérise les sols subarides de glaciais :

- un horizon supérieur à structure lamellaire, compact, constitué d'une succession de dépôts de ruissellement ;
- un ou deux horizons rouges, plus poreux et structurés

Un horizon profond à nouveau compact, marqué ici par l'hydromorphie (tâches puis concrétions)

b) Propriétés analytiques

- Sols sur matériau issus de grès -

Les teneurs en matière organique sont faibles (0,20 à 0,45 %) le C/N est inférieur à 10, malgré la compacité des horizons supérieurs ces caractères sont communs aux sols de la zone subaride

La texture varie d'un horizon à l'autre, de façon non ordonnée, elle va de sableuse à sablo-argileuse (5 à 20 % d'argile). Les dépôts supérieurs sont en général plus riches en argile et en sables fins que l'horizon sous-jacent, ce qui, allié au tassement dû à l'érosion en nappe, favorise la compaction superficielle de ces dépôts.

Les teneurs en fer total sont assez élevées de l'ordre de 30 ‰; elles augmentent légèrement vers la base du profil, plus nettement lorsque l'horizon profond est concrétionné. Le rapport fer libre / fer total croît par contre vers le sommet du profil, il est maximum en surface et dans le deuxième horizon (horizon le plus rougi).

Le pH est bas dès la surface (5,5 à 6) il décroît avec la profondeur pour atteindre des valeurs de l'ordre de 5 ; l'équilibre des bases est normal, avec toutefois prédominance fréquente du sodium sur le potassium les réserves en éléments échangeables sont faibles (2 à 4 meq)

- Sols sur matériaux issus des calcaires -

Les propriétés analytiques sont dominées par l'abondance du calcaire, dont les fragments, où dominent les éléments de la taille des limons et des sables fins, constituent la majeure partie des éléments texturaux (teneurs en calcaire total supérieures à 70 %)

Les teneurs en matière organique sont assez élevées, elles dépassent 1 ‰ : le C/N est supérieur à 14, par suite de l'abondance du calcium ; ces teneurs relativement élevées en matière organique ne s'accompagnent d'aucun des caractères structuraux propres aux sols calcimorphes (structure grumelleuse stable), la structure massive se résolvant en poudre montre que la liaison des colloïdes humiques avec les colloïdes minéraux se fait mal. Ceci se traduit analytiquement par une instabilité structurale élevée et une faible perméabilité (0,5 à 0,7 cm/h) favorisant la formation des croûtes et le ruissellement.

c) Utilisation

Ces sols ne sont pas cultivés, par suite de leurs propriétés physiques et chimiques défavorables et de leur sensibilité à l'érosion. Ils constituent des impluvium qui alimentent le ruissellement convergent vers l'axe des vallées. En dehors de tout aménagement, ce rôle est néfaste, car il accélère l'érosion des zones cultivées, dont la majeure partie est constituée par les dépôts alluviaux ; la domestication de cet écoulement doit permettre de régulariser et d'améliorer l'alimentation en eau des terres cultivables et de supprimer l'érosion.

d) Répartition, cartographie :

Ces sols occupent la majeure partie des versants des vallées de l'ADER DOUTCHI, lorsqu'ils sont exempts de dépôts alluviaux ou éoliens ; ils forment une auréole dont la largeur augmente vers l'Est, en même temps que s'accuse le creusement des vallées. Ils ont été cartographiés en association avec des lithosols, dont l'extension principale coïncide avec celle de la corniche formée par le rebord des grès du Continental Terminal.

II - A - 2 - REGOSOLS A FACIES INTERGRADE VERS LES SOLS FERRUGINEUX NON OU PEU LESSIVES

A - 2 - I - Famille sur placage sablo-argileux issus d'alluvions à galets

a) Morphologie

Le profil ND 2 a été observé à 2 km au nord de DAN ISA au sommet d'un interfluve formé d'un plateau étroit, parsemé de buttes de galets hautes de 2 à 3 m. La végétation est constituée par une formation arbustive à Combretum micranthum et Guiera senegalensis, dominée par quelques Lannea acida et Combretum glutinosum ; le tapis est clairsemé composé de graminées sciaphiles et de graminées naines.

Aspect superficiel : surface encroûtée, algues, lit de sables grossiers, légères buttes au pied des arbres, nombreux jets.

- 0-12 cm 5 YR 6/6
 a) 0 - 2 cm ; beige, texture sableuse ; structure légèrement litée ; racines fines nombreuses
 b) 2 - 12 cm ; beige légèrement plus rosé, hétérogène ; les éléments les plus fins sont décolorés ; texture sableuse assez riche en graviers et sables grossiers ; structure massive, débit aisé à tendance polyédrique (2 à 3 cm), cohésion moyenne à faible ; porosité très fine moyennement développée, nombreux trous d'insectes, chevelu fin moyennement abondant ; horizon peu agrégé mais très poreux.
- 12-34 cm 5 YR 6/5 ; beige rosé ; niveau de galets (dimension maximum 8 cm x 3), arêtes émoussées ; majorité de quartz ferruginisés, présence de graviers de même nature ; emballage peu abondant, sables à microstructure très fine (0,5 mm) en assemblage très poreux, cohésion très faible, porosité interstitielle très développée, très nombreuses radicelles.
- 34-58 cm 2,5 YR 6/6 ; niveau moins riche en galets mais plus riche en graviers, à emballage plus rougi ; même type de structure que l'horizon précédent ; cohésion plus forte ; porosité moins développée, emballage non adhérent à la face inférieure des galets ; racines moins abondantes.
- 58-100 cm 10 R 4,5 / 7 ; limite supérieure légèrement festonnée ; niveau rouge formé d'une matrice argileuse très rouge emballant de petits galets (4 cm) et surtout des graviers ; extrêmement dur et compact ; structure d'ensemble polyédrique fine ; quelques canaux ; très rares racines
- 100-145 cm différence avec le précédent ; éléments grossiers plus fins

Dans ce profil, on distingue un horizon supérieur faiblement humifère, et peu épais, passant vers 30 cm à ~~des~~ niveaux de galets à emballage sablo-argileux très rouges. Les variations de teinte et de texture manifestent la tendance évolutive de ces sols vers les sols ferrugineux peu lessivés, évolution limitée par le décapage des horizons de surface par l'érosion hydrique en nappe et en ravines. La teinte, la texture, et la structure de l'Horizon profond sont identiques à celles des niveaux d'alluvions à galets du Quaternaire ancien de MARADI, que nous avons observés dans des coupes profondes, ce qui permet de considérer que le matériau original est atteint dès 60 cm.

b) Propriétés analytiques

Matière organique :

Les taux de matière organique sont faibles ; de l'ordre de 0,35 % en surface, ils décroissent légèrement jusqu'à 50 cm. pour diminuer ensuite brutalement. Ce niveau plus humifère correspond à la zone exploitée par les racines, qui disparaissent plus bas, arrêtées par le niveau profond compact. Le C/N est relativement élevé en surface (15), traduisant vraisemblablement une tendance à l'engorgement durant la saison des pluies.

Texture :

On note une variation verticale de la texture assez nette avec la profondeur (4 % d'argile en surface, 18 % à 130 cm) mais l'augmentation du rapport limon / argile avec la profondeur (0,13 en surface, 0,4 à 120 cm) ainsi que l'irrégularité du rapport sable fin / Sable grossier, montrent que ces variations sont probablement attribuables à l'hétérogénéité du dépôt.

Sesquioxydes :

Les taux de fer total sont élevés, surtout dans le matériau où ils atteignent 55 % : les formes libres dominant largement (fer libre / fer total = 0,95). Ceci semble caractériser les alluvions quaternaires de MARADI, qui, si elles ne présentent pas constamment une telle richesse en fer (10 à 60 %) ont des rapports fer libre / fer total toujours très élevés (0,80 à 0,98)

Complexe absorbant :

Le pH est bas, voisin de 5 ; il reste sensiblement constant dans le profil. Le taux de saturation varie irrégulièrement de 0,5 à 0,6. La capacité d'échange, faible en surface (1 meq) augmente notablement en profondeur avec le taux d'argile (4 meq pour 18 % d'argile). L'ordre de décroissance des bases échangeables dans le complexe est le suivant : Ca ; Mg ; K ; Na - avec parfois, dominance du magnésium sur le calcium.

Fertilité chimique :

Elle est très basse, les taux moyens d'azote et de phosphore sont respectivement de 0,11 et 0,12 ‰.

Propriétés physiques :

Elles sont très défavorables, la stabilité structurale et la perméabilité sont faibles dès la surface (0,6 cm/h) et décroissent avec la profondeur.

c) Utilisation

Le manque d'épaisseur de ces sols, leur imperméabilité et leur faible fertilité empêchent leur mise en culture. Leurs possibilités pastorales sont également réduites, ils n'offrent qu'un maigre pâturage vite desséché après la saison des pluies.

d) Extension et paysages végétaux

Ces sols sont développés sur les alluvions quaternaires à galets, lorsque celles-ci ne sont pas recouvertes par des formations sableuses éoliennes. Ils bordent la frontière du NIGER au Sud et à l'Ouest de MARADI.

Leur extension correspond partiellement à celle des forêts claires à Anogeissus, mais ils peuvent également porter des formations arbustives, de type bush, à Combretacées et Acacia lianescents.

A 2 - 2 - Famille sur placages colluviaux sablo-argileux sur dalle localement ferruginisée

Cette famille correspond aux sols de brousse tigrée du plateau du Moyen NIGER. (Ct₃).

a) Morphologie

Les profils NF 49 et NF 50 sont situés à 12 Km à l'Est de DOGONDOUTCHI, sur le plateau qui borde la rive gauche du dalloïl MACOURI. L'aspect en photographie aérienne du couvert végétal est typiquement celui de la brousse tigrée ; sur le terrain, on discerne cependant assez mal les alignements de buissons par suite de leur sinuosité. La composition floristique par strate est la suivante.

- quelques *Bombax costatum* et *Poupartia birrea*,
- buissons à *Combretum micranthum*, *Acacia machrostachia*, *Croton zambezicus*, *Guiera senegalensis*, *Eugenia nigerina*.
- tapis presque absent, composé de quelques *Pennisetum pedicellatum* et graminées naines, localisés uniquement sous les buissons, entre lesquels s'étendent des surfaces dénudées

Les profils NF 49 et NF 50 ont été ouverts, le premier en zone dénudée, le second sous buisson.

Aspect superficiel : encroûtement noir ; quelques sables déliés, rouge clair avec quelques oolithes.

0-13 cm 7,5 YR 5/5 ; gris brun, fine croûte plus claire en surface (1 mm) assez finement sablause ; texture sableuse à sablo-argileuse ; structure massive ; débit assez régulier, cohésion moyenne ; porosité interstitielle fine et faible.

- I3-I9 cm 5 YR 5/5 ; contraste moyen, transition sur 5 cm ; jaune rouge clair ; sablo-argileux ; structure massive à débit polyédrique très aisé, faces rugueuses irrégulières cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle assez grossière (I/4 mm) et nettement mieux développée
- 29-46 cm 5 YR 5/6 ; contraste assez faible à nul, transition sur 5 cm ; même teinte légèrement plus vive, homogène ; texture sablo-argileuse structure polyédrique (I/2 à 2 cm), faces rugueuses, cohésion moyenne à forte, porosité interstitielle à semi-tubulaire assez réduite, zones compactes.
- 46-80 cm Lit de fragments de grès (I/2 à 20 cm) ; grès dur à texture sableuse, ciment brun foncé, parfois violacé cortex brun foncé grès noir à oolithes.

Texture de la fraction fine : sableuse.

Enracinement : quelques racines d'arbres plus abondantes juste au-dessous du lit de grès

On distingue en fait, deux horizons principaux dans ce profil : un horizon supérieur peu épais, légèrement décoloré, à texture faiblement argileuse, peu structuré, compact, passant à un horizon plus rouge, à texture constante (sablo-argileuse) mais dont la structuration croît à mesure que l'on approche du banc de grès ; ce phénomène est très général dans les matériaux situés au contact d'un banc rocheux, lorsqu'ils sont suffisamment riches en éléments fins ; nous le retrouverons dans certains sols évolués, reposant également sur grès, et où l'on observe un deuxième horizon structural au contact du substrat.

L'horizon supérieur est fréquemment strié, parfois même lité, ce qui traduit alors une origine colluviale.

L'ensemble du profil est compact, mais c'est en surface que l'on observe le minimum de porosité.

Les profils sous végétation se distinguent assez nettement de ceux situés en zone dénudée ; le profil NF 50, ouvert à quelques mètres de NF 49 en donne un exemple typique.

Aspect superficiel : croûte noirâtre, un peu de terre fine grise agrégée, rejets de termites, litière discontinue.

- 0-10 cm 7,5 YR 5/4 ; brun, hétérogène : nombreux remplissages rouge clair, lignes grisâtres ; texture assez finement sableuse avec un peu d'argile, structure massive à débit assez régulier non aisé ; porosité interstitielle fine moyenne à faible.
- 10-22 cm 5 YR 5/6 ; contraste moyen à fort, transition sur 2 cm ; rouge clair, homogène ; texture sablo-argileuse à sables fins, structure massive à débit irrégulier aisé, cohésion irrégulière, de faible à assez forte ; porosité interstitielle irrégulière, plus grossière, nettement mieux développée.
- 22-35 cm 5 YR 5/6 ; contraste faible, un peu plus rouge, transition sur 5 cm ; homogène, texture sablo-argileuse ; structure presque polyédrique, débit à faces rugueuses, cohésion moyenne à forte, agrégation bonne, porosité interstitielle à tubulaire assez grossière et irrégulière, assez bien développée.
- 35 ... cm Même lit de fragments de grès que NF 49

Enracinement : abondant dans les 2° et 3° horizons

On note les mêmes variations de teinte et de texture, mais la forte porosité des 2° et 3° horizons contraste avec la compacité du profil précédent. Cette porosité est liée à un développement racinaire d'autant plus intense que l'épaisseur du sol est plus faible. En surface, la présence d'une litière et d'un peu de terre fine, constituée essentiellement de rejets de termites permet la germination des graines, alors qu'en zone dénudée, la surface durcie du sol s'y oppose.

Si les conditions plus favorables à la végétation sous buisson permettent d'expliquer le maintien de la végétation sur les bandes qu'elle colonise actuellement, l'examen des profils n'apporte pas de renseignement quant à l'origine de cette disposition.

b) Propriétés analytiques :

Les teneurs en matière organique confirment le contraste entre les deux types de profils décrits ci-dessus ; les sols sous végétation sont presque deux fois plus riches que les sols dénudés (surface : 0,62 % contre 0,37) ; cette matière organique est bien humifiée (C/N 10).

La teneur en argile est de 15 à 20 % sur les 10 premiers cm, elle augmente ensuite brutalement (25 %) ; puis demeure sensiblement constante jusqu'à la base du profil. Les variations du taux de fer total suivent celles de l'argile.

Le complexe absorbant est fortement désaturé, le pH est de 4,5 sur tout le profil, le taux de saturation restant inférieur à 0,30. L'équilibre des bases échangeables ne montre aucune particularité.

La perméabilité, minimum dans l'horizon de surface, favorise le ruissellement.

c) Utilisation

Ces sols ne sont susceptibles d'aucune utilisation agronomique, par suite de leur pauvreté chimique, et, surtout, de leur faible épaisseur. Leur intérêt pastoral est également nul.

d) Extension

Ces sols sont limités à la surface supérieure du plateau du Continental Terminal (Ct₃), lorsqu'elle n'est pas ensablée ; de ce plateau, on n'observe au NIGER Central, que quelques témoins à l'Est de DOGONDOUTCHI. Ces sols couvrent par contre de très vastes surfaces dans la partie occidentale du bassin du NIGER.

II - B - LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT

II - B - I - LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT BIEN DRAINES A FACIES
INTERGRADE VERS LES SOLS FERRUGINEUX DE GLACIS SUR
COLLUVIONS HETEROGENES STRATIFIES

a) Morphologie

Le profil NG 65 LOKOYO a été observé à mi-pente du versant d'une petite vallée affluente du dallol MAOURI, entaillant le plateau Continental Terminal au Nord de DOGONDOUTCHI. Ce versant est constitué d'un glacis à faible pente raccordant l'axe de la vallée au pied de la falaise qui limite le plateau.

Le profil est situé dans un champ de mil avec réserve d'arbres : Poupartia birrea, Combretum glutinosum, nombreux buissons d'Euphorbia balsamifera.

Aspect superficiel :

Sables déliés peu épais, érosion en nappe ravinante assez intense

- | | |
|-----------|--|
| 0-16 cm | Entre 7,5 YR 6,5/4 et 10 YR 5,5/4 - beige homogène ; texture sableuse assez fine, cohésion moyenne ; porosité interstitielle moyenne bien développée |
| 16-45 cm | Contraste moyen, transition rapide (2-3 cm) ; 5 YR 5/5 beige rougeâtre avec zones plus rouges diffuses ; texture argilo-sableuse ; structure massive à débit irrégulier ; cohésion forte, porosité tubulaire médiocre. |
| 45-120 cm | Contraste moyen, transition rapide (2-3 cm) 7,5 YR 5,5/4 - gris brun clair, horizon stratifié, lits sableux épais de 5 cm environ, présence de quelques débris de grès ferrugineux dur et de grès sableux tendre de teinte rouge ; texture finement sableuse, structure massive, débit assez mamelonné, cohésion moyenne, porosité interstitielle fine moyennement développée. |

Enracinement : peu visible, présent jusqu'à 75 cm

Les niveaux décrits dans ce profil ne correspondent pas à des horizons, mais à la stratification des dépôts des oueds temporaires qui sillonnent ce type de versant lors des fortes pluies. Les lits de ces oueds se déplacent fréquemment, et la totalité du glacis est formée par des proluvions. Le niveau supérieur peut s'interpréter différemment, soit comme un dépôt colluvial, soit, cas également fréquent, comme un voile sableux éolien, qui s'épaissit parfois au pied du plateau, formant jupe. L'arrangement des lits est très variable et l'on peut observer en surface un lit argileux ; le sol prend alors un aspect damé dû au ruissellement intense, il est inculte, colonisé seulement par quelques *Combretum micranthum* et *Boscia senegalensis*. Les distances de transport sont faibles, la longueur des glacis n'excédant pas un ou deux kilomètres, ceci explique que l'on observe fréquemment des lits de débris très fragiles ; fragments de grès sableux tendres, de grès argileux, très émoussés, mais reconnaissables.

La tendance évolutive, vers les sols ferrugineux tropicaux se manifeste par les caractères suivants :

- Existence dans les niveaux argileux, de pores à revêtements d'éléments fins ainsi que de films argileux qui traduisent de légères migrations d'argile.

- Formation fréquente de raies, coïncidant généralement avec des limites de strates, et qui matérialisent l'individualisation et la migration du fer

Cependant, ces phénomènes sont nettement limités par la stratification, et l'on n'observe pas d'homogénéisation du profil, les limites entre les différents niveaux restant très tranchées.

I - 2 - Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles à moyennes, variant de 0,25 à 0,7% dans l'horizon de surface, elles décroissent rapidement avec la profondeur, diminuant généralement de moitié dès 40 cm, pour devenir négligeables vers 1 m. La présence de niveaux argileux ne semble pas entraîner de discontinuité dans cette décroissance. Le rapport C/N est de l'ordre de 10, indiquant une bonne décomposition de la matière organique, il est un peu plus élevé dans les strates riches en éléments fins (I3) traduisant des conditions de drainage localement moins bonnes.

Texture :

Les textures sont propres à chaque strate et les variations verticales sont anarchiques, dépendant de l'arrangement des couches. Les teneurs en éléments fins (argile et limon) s'étalent de 2 % à 30 %. La fraction sableuse est riche en sables fins (rapport sable fin / sable grossier : 2 à 7), richesse déterminée par celle des grès du Continental Terminal dont ces matériaux sont issus.

Complexe absorbant :

Le pH et le taux de saturation sont bas, variant respectivement de 4,3 à 5,5 et de 35 à 55 % ; les variations verticales diffèrent d'un profil à l'autre, sauf pour le maximum, très peu accusé, qui se situe en surface. La capacité d'échange est faible, ne s'élevant que peu avec le taux d'argile, par suite de la nature kaolinique de celle-ci : lorsque le taux d'éléments fins varie de 5 à 25 %, la capacité d'échange passe de 1,2 à 2,1 méq. L'équilibre des bases échangeables n'est pas constant d'un profil à l'autre, les teneurs relatives des différents cations vont de :

- Ca = 70 ; Mg = 11 ; K = 1 ; Na = 0,08 à
- Ca = 7 ; Mg = 6 ; K = 1 ; Na = 0,03

Le premier équilibre montre une nette carence en potassium et un déficit en magnésium.

Propriétés physiques :

La perméabilité est faible, même dans les niveaux sableux, (1cm/h) ceci est dû à la finesse des sables

Fertilité chimique :

Les taux d'azote sont compris entre 0,15 et 0,35 ‰, ceux de phosphore entre 0,15 et 0,23 ‰, ces teneurs sont faibles, mais la fertilité est surtout limitée par la forte désaturation du complexe et la faible capacité d'échange.

I - 3 - Utilisation :

La possibilité d'utilisation de ces sols est déterminée par la texture des niveaux supérieurs. Lorsque cette texture est sableuse, ils sont cultivés en mil et constituent la totalité des terres de culture de certains villages. La pluviométrie permet la culture de l'arachide (600 mm), mais, par suite de la faible fertilité, on ne peut espérer que des rendements médiocres en culture traditionnelle. Lorsque la surface du sol est de texture sablo-argileuse à argileuse, elle constitue des surfaces de ruissellement stériles qui contribuent à rendre les sols superficiellement sableux plus sensibles à l'érosion hydrique, en accroissant le débit de l'écoulement superficiel.

I - 4 - Extension :

Ces sols forment une frange large de un à deux km, bordant le pied de la falaise qui limite à l'Ouest et au Nord le plateau du Continental Terminal dans la région de DOGONDOUTCHI. La limite Est du plateau est ensablée, et l'on n'y observe pas de glacis.

II - B - 2 - LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT MAL DRAINES

B 2 - I - Famille sur alluvions sablo-argileuses issues du Continental Terminal (Ct_I)

a) Morphologie :

Le profil AC 54 est situé 13 Km au Nord de BADIGUICHERI, dans une vallée étroite et peu profonde ; on n'y distingue pas d'axe central, et la zone alluviale se raccorde par une pente douce à l'éboulis qui borde le plateau. La végétation ligneuse est composée d'Acacia tortilis, Bruhinia rufescens, Zizyphus mauritiaca ; le sol porte des cultures de sorgho.

Aspect superficiel : mince croûte pluviale.

- 0-10 cm 7,5 YR 5/6 ; gris brun avec remplissages plus rouges ; sablo-argileux ; structure massive à débit polyédrique grossier (4 à 5 cm), cohésion forte ; porosité tubulaire irrégulière assez bien développée ; racines fines peu nombreuses
- 10-48 cm 5 YR 4,5/8 ; rouge avec ségrégations réticulées plus jaunes ; un peu plus riche en argile, restant sablo-argileux structure polyédrique en assemblage compact, surstructure prismatique (10-15 cm) peu marquée ; porosité tubulaire forte ; quelques racines
- 48-128 cm 5 YR 4/8 ; rouge, zones décolorées jaunâtres autour de gros pores, zones décolorées avec réticulum ocre autour de vieilles racines, vers le milieu de l'horizon quelques ségrégations manganésifères noires (moucheture) ; un peu plus argileux ; structure polyédrique plus nette en assemblage compact, cohésion forte ; la porosité ne semble pas décroître ; quelques racines

L'hydromorphie (engorgement temporaire d'ensemble) est ici peu marquée, elle se manifeste par l'existence de zones décolorées, de ségrégations ferrugineuses diffuses, de rares ségrégations manganésifères, et un élargissement de la structure visible surtout dans le deuxième horizon. Ces caractères s'accusent vers le centre de la vallée où l'on passe à des sols hydromorphes ; inversement, ils tendent à disparaître à la périphérie des dépôts ainsi que dans la partie amont des vallées où les quantités d'eau collectées sont peu abondantes. Leur morphologie tend alors vers celle des sols bien drainés correspondant à leur situation climatique.

On observe parfois, en surface, lorsque se produit encore un écoulement temporaire notable des dépôts lités plus récents, fortement tachés d'ocre, et marqués alors par une hydromorphie temporaire de surface plus intense (cf profil NH 10 sur fiche)

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont élevés par rapport à ceux des sols bien drainés voisins ; légèrement supérieurs à 1 % en surface.

ils décroissent rapidement en profondeur, la matière organique est donc surtout concentrée en surface, caractère fréquent des sols hydromorphes ; le C/N est cependant bas, inférieur à 10, ce qui traduit une humidification poussée de cette matière organique, que ne semble pas limiter l'engorgement temporaire.

Sesquioxydes

La richesse en fer des formations dont sont issues les alluvions (série limonitique de l'ADER DOUTCHI) se traduit dans les sols par des teneurs élevées en cet élément (50 à 80 % de fer total), avec une nette dominance des formes libres ; le rapport fer libre / fer total va de 0,80 à 0,95 sans que l'on puisse déceler de variations verticales significatives

Complexe absorbant :

Ces sols sont assez acides (pH inférieur à 6) malgré un taux de saturation supérieur à 0,70. La capacité d'échange est relativement élevée en regard du taux d'argile (30 méq pour 100 g d'argile), traduisant la présence probable, mais en faibles-quantités d'argiles de type 2/I. Les réserves en éléments échangeables sont moyennes (4 à 8 méq) ; l'équilibre des bases ne diffère pas de celui des sols bien drainés, les teneurs relatives moyennes sont les suivantes :

- Ca = 6 ; Mg = 3 ; K = 1 ; Na = 0,2 -

on notera la richesse relative en potassium

Fertilité chimique

Les taux d'azote sont moyens (0,60 à 0,70 ‰), ceux de phosphore élevés (1,5 à 3 ‰) ; cette richesse en phosphore est commune aux matériaux issus des formations oolithiques. La fertilité chimique est classée comme moyenne.

c) Utilisation

Ces sols sont cultivés en mil pénicillaire et en sorgho ; ils sont particulièrement favorables à cette dernière culture, par suite de leur texture. Leur fertilité naturelle moyenne, s'opposant à la pauvreté des sols bien drainés environnants, ainsi que leur meilleure alimentation en eau,

... doit permettre une utilisation plus intensive que l'actuelle, à condition toutefois, de maintenir leur stock organique. L'engorgement temporaire d'ensemble des plans hydromorphes d'entre eux constitue cependant un facteur limitant.

d) Extension et cartographie :

Ces sols ne couvrant que de faibles surfaces ; ils sont situés dans les vallées peu creusées de l'ADER DOUTCHI, n'entaillant qu'une partie du Continental Terminal, leurs bassins versants sont peu étendus et localisés dans la partie Ouest du plateau Ct_I. Cette unité n'est généralement pas cartographiable au 1/500 000, seule la vallée de TAJAE a pu être partiellement dessinée dans sa partie amont.

B - 2 - 2 - Famille sur alluvions et colluvions hétérogènes des vallées de l'ADER DOUTCHI

a) Morphologie

Le profil AD 3I a été observé à 3 km au Sud-Ouest de IBOHAMANE dans le flat alluvial de la vallée située immédiatement à l'Ouest de ce village. Ces alluvions sont cultivées en sorgho ; la végétation arborée est composée de Bauhinia reticulata et de quelques Faidherbia albida.

- 0-22 cm Brun ocre, très fines ségrégations ocre pâle, présence de surfaces lisses plus foncées, argilo-sableux fin ; structure motteuse (2 cm) à cohésion forte, sous-structure polyédrique (0,5 à 1 cm) à faces plus ou moins lisses à la base, surstructure à tendance prismatique à la base ; porosité tubulaire fine, irrégulière, médiocre, porosité d'assemblage bonne ; quelques radicelles.
- 22-40 cm Brun plus ocre ; texture hétérogène à lits de débris limoneux plus bruns (0,5 cm), dans une masse finement sableuse jaunâtre ; fine ségrégations ocres, assez rares, ponctiformes ; structure polyédrique (1 à 2 cm) à faces rugueuses, cohésion moyenne ; porosité tubulaire moyenne ; peu de racines

40-151 cm Alluvions en lits alternés :

- lits de sables fins à moyens, à oolithes, jaunâtres variablement calcaires, lités
- lits sablo-argileux à argilo-sableux, bruns à joints de sables fins à ségrégations ocres ; très calcaires, très finement lités ; porosité tubulaire verticale.

M.B. Sol humide dès 40 cm, très humide à la base.

On remarquera dans ce profil deux types de ségrégations :

- en surface, de fines ségrégations ocres attribuables à un engorgement temporaire de surface ; elles disparaissent vers 40 cm.
- en profondeur des ségrégations ocres, localisées dans les joints sableux et formées lors du dépôt.

La stratification n'est bien visible qu'à la base du profil où la texture des différents niveaux est très variable ; la structuration croît vers la surface en même temps que s'homogénéise le dépôt.

L'origine du calcaire, présent seulement dans les niveaux profonds est détritique : il a été apporté avec les alluvions issues des trois niveaux géologiques entaillés par la vallée : **Continental Terminal** (oolithes), Eocène (calcaire), crétacé supérieur. Sa présence dans le sol ne s'observe donc que lorsque le matériau est, au moins partiellement issu de formations géologiques en contenant.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Ces sols sont en général bien pourvus en matière organique, les taux de surface varient de 0,60 à 2,50 % ; les valeurs supérieures à

I % étant les plus fréquentes. Le C/N inférieur ou égal à 10, ne semble pas influencé par l'hydromorphie temporaire.

Texture :

Elle est variable, mais les textures les plus fréquentes sont sablo-argileuses ou argilo-sableuses. Les variations verticales peuvent être importantes, elles sont fonction de l'arrangement des strates. Dans la fraction sableuse, on note une large dominance des sables fins sur les sables grossiers.

Complexe absorbant :

Le pH est voisin de la neutralité (6,5 à 7,6), le complexe est presque toujours saturé. La capacité d'échange est élevée, le plus souvent supérieure à 20 méq ; elle correspond à des valeurs allant de 50 à 70 méq pour 100 g d'argile, ce qui permet de conclure à la présence en quantités notables d'argiles de type 2/1. L'équilibre des bases montre toujours un excès de calcium, même dans les sols non calcaires, et parfois un déficit en potassium.

Fertilité chimique :

Les taux d'azote varient de 0,3 à 1 %_o, les valeurs les plus faibles ont été observées dans les sols les moins argileux. Les taux de phosphore sont toujours élevés (1 à 3%_o). La fertilité chimique, est classée comme bonne à très bonne.

Propriétés physiques :

La stabilité structurale (Is supérieur à 3,5, fréquemment supérieur à 5) et la perméabilité (moins de 2 cm/h) sont faibles.

c) Utilisation

Leur valeur agronomique élevée permet d'envisager l'utilisation de ces sols pour des cultures exigeantes, sous réserve du contrôle de l'eau, du maintien du stock organique et de l'amélioration des structures superficielles par des façons culturales. Le principal facteur limitant réside dans leur imperméabilité fréquente.

d) Extension et cartographie

Ces sols occupent la majeure partie des flats alluviaux récents des vallées Nord de l'ADER DOUTCHI et du cours amont de la MAGGIA. La cartographie des variations texturales et de la présence ou non de calcaire ne peut être réalisée à l'échelle de la carte, ces renseignements figurent sur les cartes à grande échelle dressées par l'O.R.S.T.O.M. et la SOGETHA.

B 2 - 3 - Famille sur alluvions récentes finement sableuses

Cette famille regroupe les sols développés sur les alluvions récentes du goulbi de MARADI. Ils ont fait l'objet d'une étude pédologique à grande échelle, effectuée par la SOGETHA, à laquelle on se reportera pour plus de détail.

a) Morphologie

Le profil NE 54 a été observé à quelques kms au Nord de MARADI, dans la zone d'épandage du goulbi. Le modelé est plan, et la surface entièrement cultivée (Gombo, piment, henné, quelques parcelles de coton). La végétation arborée est à base de Diospyros mespilliformis et de Tamarindus indica.

- 0-5cm 5 YR 5,5/3 ; brun olive clair, hétérogène ; parcouru de fines ségrégations rouge ocre sur le trajet de racines - en outre cavités à paroi enduite d'une substance brillante orangée - on n'observe pas de litage mais cet horizon peut disparaître ; texture sableuse déjà riche en paillettes micacées ; structure massive malgré une légère fissuration verticale, débit à arêtes vives et faces très finement mamelonnées, cohésion faible à moyenne, quelques mottes (2 cm) à faces peu nombreuses autour des fissures, porosité très fine avec de nombreux pores (< 1 mm) bien développés.
- 5-27 cm 10 YR 6,5/3 ; brun verdâtre presque homogène ; stratification fine mais très souvent effacée, accompagnée de lits de sables blanc-jaunâtre clair - on peut observer quelques ségrégations prolongeant celles de l'horizon sus-jacent ; structure massive indépendamment du litage ; porosité visible exclusivement tubulaire (< 1 mm - 5 à 6 par cm²)
- 27-85 cm 10 YR 7/4 ; sables fins blanc jaunâtre très riches en petites paillettes micacées noires ou bronzées - stratification très fine soulignée de **lits** très peu épais et compacts, brun verdâtre à direction souvent oblique entrecroisés - ensemble recoupé de poches ayant la couleur de l'horizon précédent ; pas de structure autre que celle du dépôt (sables particuliers)
- 85-175 cm 10 YR 8/4 ; même teinte ; même stratification fine et régulière ici faiblement soulignée par des lits brun verdâtre plus rares et pâles ; sables légèrement plus grossiers, moyens à fins ; pas de différenciation structurale ; pores tubulaires çà et là, réguliers (\varnothing = 1 à 3 mm)
- 175-195 cm Niveau formé à la base de lits de 1mm environ de sables blancs, fins, alternant avec de fines bandes noirâtres, d'à peu près même épaisseur, riches en paillettes de micas dorés. Chaque lit noirâtre est formé par l'empilement de paillettes. Chaque lit de mica est parcouru de ségrégations linéaires noires ramifiées. Au sommet, sur 20 cm, le dépôt, moins riche en paillettes, est envahi de ségrégations ocres extrêmement étendues suivant le litage.
- 190-210 cm 2,5 Y 4,5/4 ; sables très humides, moyens, encore parcourus de lits noirâtres comportant quelques paillettes dorées

Les traces d'hydromorphies, seules manifestations de l'évolution pédologique du profil, sont de deux types :

- En surface, d'abondantes ségrégations ocre vif sont localisées le long des racines et à la surface des pores, zones de concentration et d'oxydation du fer ; elles sont attribuables à une hydromorphie temporaire de surface (submersion)

- En profondeur, les taches résultent d'un engorgement temporaire par nappe, qui peut affecter l'ensemble du profil.

La structure est celle du dépôt, sauf en surface où l'on observe un début de fissuration.

La stratification se manifeste ici par le litage des sables et l'alignement des paillettes de mica ; elle peut cependant entraîner d'importantes variations texturales dans le profil et l'on observe par fois des empilements de niveaux sableux et argileux variablement ordonnés, qui jouent un rôle très important dans le comportement du sol vis-à-vis de l'eau (cf. profil NE 55 sur fiche)

c) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont en général relativement élevées, les taux de surface varient de 0,90 à 2,40 % ; elle est concentrée sur les 10 ou 20 premiers cm, sauf lorsque le sol est recouvert par un dépôt très récent, faiblement organique. Les sols très sableux sont les moins bien pourvus. Le rapport C/N est bas (I0 à II) en regard des fortes manifestations d'hydromorphie superficielle.

Texture :

Elle est éminemment variable, à la fois dans le profil, et d'un profil à l'autre. Les teneurs en éléments fins s'étalent de 1 % à 80 %. Le rapport limon / argile est en général élevé, surtout dans les matériaux lourds (0,20 à 0,50). La fraction sableuse est presque exclusivement composée de sables fins. L'abondance des paillettes de biotite, variablement altérées, traduit la richesse de ces sols en minéraux altérables, qui constituent d'appréciables réserves minérales.

Complexe absorbant :

Le pH est faiblement acide ou neutre (6,2 à 7,5) , il est généralement minimum en surface et se stabilise ensuite. La capacité d'échange est élevée en regard du taux d'argile ; elle varie de 20 à 80 meq pour 100 g d'argile, les valeurs relatives les plus faibles étant généralement observées dans les sols très sableux ; on peut cependant conclure à la présence constante, mais en proportions variables d'argiles de type 2/I.

L'équilibre des bases montre une nette dominance du calcium ; on note également d'appréciables teneurs en potassium, liées vraisemblablement à la richesse en biotite. Les taux de sodium échangeables sont bas, toujours inférieurs à ceux de potassium, sauf dans certains horizons profonds où le rapport s'inverse, sans toutefois que le taux de sodium dépasse alors 5 % de la somme des bases échangeables ; il ne constitue donc jamais un facteur limitant pour la végétation.

Fertilité chimique :

La fertilité chimique est moyenne à faible dans les sols très sableux, bonne dès que la texture devient sablo-argileuse. Les taux d'azote et de phosphore varient respectivement de 0,3 à 1 % et de 0,3 à 1,3 %.

Propriétés physiques :

Elles sont fonction de la texture. La perméabilité des matériaux sableux est élevée malgré la finesse des sables, elle diminue assez rapidement avec le taux d'argile. Dans ces sols stratifiés, la perméabilité d'ensemble est déterminée par celle des niveaux les plus lourds, qui constituent des niveaux d'arrêt du drainage.

c) Utilisation :

Le mode d'utilisation de ces sols est déterminé par leur texture, avec laquelle varient la perméabilité et la fertilité. Les sols les plus sableux sont à réserver à l'arachide et au mil péricillaire. Dès que la texture s'alourdit, les cultures de coton, de blé, de légumes, de riz sont possibles, et à répartir en fonction du drainage interne du sol et des possibilités d'irrigation.

d) Extension et cartographie :

L'extension de ces sols coïncide avec celle du lit majeur du goulbi de MARADI et de son affluent le goulbi de N'BONSOUROU. Les variations le long du cours se traduisent par une finesse texturale croissante vers l'aval, consécutive à la réduction de la pente. Ces sols ont été cartographiés en association avec les sols ferrugineux peu lessivés développés sur les alluvions anciennes à sables grossiers, qui forment une terrasse souvent éolisée.

B 2 - 4 Famille sur alluvions indifférenciées :

Cette famille regroupe les sols formés sur les dépôts alluviaux récents du goulbi de GAZAOUA. Ce cours d'eau, est issu comme le goulbi de MARADI, du massif précambrien de NIGERIA ; son écoulement temporaire est nettement moins régulier, capable cependant de fortes crues qui restent exceptionnelles (la crue de 1961 a laissé des dépôts sableux que l'on observe jusqu'au Nord de la route MARADI - ZINDER) il s'en suit une plus grande hétérogénéité des dépôts. Ces alluvions, dans l'ensemble finement argilo-sableuses à l'amont, s'affinent vers l'aval ; elles se terminent vers le Nord des dépôts argileux peu épais et discontinus reposant sur les alluvions anciennes du goulbi N'KABA. Leur extension est faible ; ils forment une bande à peine plus large que le lit mineur.

Les sols qui s'y développent sont fortement marqués par une hydromorphie temporaire de surface. La stratification y est bien visible.

Ces sols sont assez riches en matière organique (2 à 3 %), à C/N de l'ordre de II. Leur pH acide (5,5), malgré un taux de saturation qui n'est pas très bas (0,70). Les réserves en bases échangeables sont abondantes (8 meq / 100 g de terre), à nette dominance du calcium.

$$\text{Ca} + \text{Mg} / \text{K} + \text{Na} = 20 \quad - \quad \text{Ca} / \text{Mg} = 5 \quad - \quad \text{K} / \text{Na} = 0,8$$

Leur fertilité chimique est moyenne ; ils sont mieux pourvus en azote (1,5 %) qu'en phosphore (0,40 %).

Ces sols conviennent à la culture du riz.

LES SOLS BRUNS ARIDES
=====

III - LES SOLS BRUNS ARIDES

III - A - GENERALITES

Les sols bruns arides appartiennent à la classe des sols isohumiques (steppiques ou pseudo stœppiques) définis par une teneur progressivement décroissante de la matière organique très évoluée sur plus de 30 cm, un profil de type AC (un horizon humifère reposant sur la roche mère) ou A (B) C (horizon humifère séparé de la roche mère par un horizon B structural). ils constituent le groupe unique de la sous-classe des sols isohumiques à complexe saturé et individualisation poussée des sesquioxydes de fer.

Les sols bruns arides (ou sols subarides tropicaux) ont été définis in extenso dans l'étude pédologique du NIGER Oriental (t. II p. 88). Nous rappellerons sommairement leurs principaux caractères tels qu'ils ont été définis par R. MAIGNIEN :

1°/ Répartition progressivement décroissante dans le profil d'une matière organique bien évoluée mais peu abondante, provenant de la décomposition des racines du tapis graminéen.

2°/ Individualisation sensible des sesquioxydes de fer avec migrations verticales faibles ou nulles.

3°/ Léger lessivage des cations, avec possibilités d'immobilisation du calcium sous forme de carbonate en profondeur.

Le groupe des sols bruns arides est subdivisé en deux sous-groupes :

- les sols bruns, caractérisés par un profil de type AC, composé d'un horizon humifère épais de 100 à 150 cm, de couleur foncée, teinte brune, à répartition homogène de la matière organique, reposant sur la roche mère. Le milieu est généralement bien tamponné, le pH neutre à basique.

- les sols brun rouge, à profil de type A (B) C, composé d'un horizon humifère épais de plus de 50 cm, reposant sur un horizon de couleur (teinte rousse caractéristique) souvent structural. Le milieu est souvent mal tamponné, le pH neutre à faiblement acide.

Les sols bruns du NIGER Central sont exclusivement localisés sur les alluvions des vallées de l'ADER DOUTCHI, mais leur extension est trop réduite pour entrer dans le cadre de cette prospection. Ils ont été étudiés lors des travaux à grande échelle effectués par la SOGETHA et l'ORSTOM dans ces régions.

En ce qui concerne les sols brun rouge, nous avons maintenu la définition élargie adoptée pour les sols brun rouge du NIGER Oriental :

"Sols minéraux dépourvus d'horizon lessivé non humifère, à horizons supérieurs humifères brun ou plus faiblement colorés sur au plus 20 cm, reposant sur un horizon de couleur, généralement rouge, souvent structural (horizon "B")".

EXTENSION

La limite méridionale des sols bruns arides se situe entre les isohyètes 400 et 500 mm, englobant certaines formations pédologiques plus méridionales (vallées du RAFI) qui se rattachent, par leur morphologie, aux sols de la zone subaride. Compte non tenu de ces formations pédologiques particulières, la limite climatique des sols bruns arides, et particulièrement des sols brun rouge, coïncide assez bien avec celle de la province boréale des formations végétales steppiques et désertiques.

III - B - LES SOLS BRUN ROUGE

Les sols brun rouge se sont principalement développés sur la couverture sableuse éolienne où leur limite méridionale oscille entre les isohyètes 400 et 450 mm. Aux deux formations éoliennes d'âge différent (cf chapitre II B Les roches mères et les matériaux originaux des sols) correspondent des sols se distinguant nettement par leur degré d'évolution, évolution qui se traduit par les caractères suivants : épaisseur du profil, intensité de la rubéfaction, et surtout structure qui semble être le critère de différenciation le plus significatif. Cependant, par suite des faibles teneurs en éléments fins ($< 10\%$), les manifestations de cette structure sont limitées à des variations de porosité (taille et développement) et de débit (aspect des faces de rupture des blocs extraits du profil dont l'irrégularité traduit l'existence de surfaces de moindre résistance, et une certaine cimentation des particules constituant le sol) d'un horizon à l'autre.

En ce qui concerne les ergs anciens, la durée de l'évolution pédologique, et surtout les variations climatiques enregistrées depuis la mise en place de ces sables, ont permis une évolution poussée des sols se traduisant par la différenciation d'horizons bien contrastés, les variations les plus constantes portant sur la porosité (variation en taille et développement) et le débit. Les fluctuations climatiques ont pu également provoquer l'apparition de caractères secondaires d'hydromorphie qui persistent dans le profil actuel.

Les ergs récents portent par contre des sols à profil peu différencié par suite d'une moindre durée d'évolution et de fluctuations climatiques moins intenses. Les profils sont en général peu épais, les horizons assez peu contrastés, à transition progressive, et l'on n'observe que de faibles variations de porosité (développement surtout) et de débit. Ces sols ont été classés au NIGER Oriental comme peu évolués intergrades vers les sols brun rouge ; nous les avons intégrés dans le sous-groupe des sols brun rouge par souci d'homogénéisation, mentionnant toutefois leur caractère peu différencié.

On observe également des sols brun rouge sur les alluvions sableuses des vallées de l'ADER DOUTCHI, ils débordent alors largement la zone subaride (vallée du RAFI), leur morphologie paraissant liée aux propriétés du matériau originel et peut être à leur position topographique. Leur type de différenciation (structure) est analogue à celui des sols sur ergs anciens.

Sur les matériaux plus argileux des versants se développent des sols rubéfiés très particuliers, spécifiques de la zone subaride : les sols brun rouge durcis de glacis.

III - B - I SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIÉS SUR LA FORMATION SABLEUSE
DES ERGS RECENTS

B I - I SERIE DE YAGADJI

a) Morphologie

Le profil ND 7I a été observé à 5 km au Nord de DANTIAGO, dans un erg récent à grandes rides orientées NNO - SSE, à forte dénivelée ; le profil est situé à mi-pente sous une savane faiblement arborée à *Albizzia chevalieri* et *Acacia senegal* ; le tapis est mixte, à base d'*Aristida longiflora* et *Aristida mutabilis*, accompagnées de quelques *Andropogon pulchellum* et *Andropogon amplexans*.

Aspect superficiel : nombreux rejets, sables déliés sur 2 à 3 cm.

- | | |
|----------|---|
| 0-6 cm | 7, R YR 4,5/4 ; brun, texture sableuse à sables moyens bien calibrés ; structure lamellaire assez grossière (0,5 cm sur 5 cm) cohésion faible, peu agrégé, porosité interstitielle très développée. |
| 6-17 cm | 5 YR 4,5/6 ; contraste moyen, transition sur 3 cm ; brun jaune foncé, homogène ; texture sableuse nettement plus fine ; structure massive, débit régulier, cohésion moyenne à faible, très peu agrégé, fine porosité interstitielle très nettement réduite. |
| 17-46 cm | 5 YR 4,5/8 ; contraste moyen à faible ; transition très floue ; brun rouge, maximum de rubéfaction ; texture sableuse fine ; structure massive, débit aisé légèrement mamelonné, cohésion faible, très rares agrégats ; porosité intergranulaire très développée. |

- 46-85 cm 5 YR 5,5/8 ; contraste fort, transition très floue, passe de haut en bas de rouge jaune à jaune rouge pâle ; finement sableux ; structure massive, débit très régulier, cohésion faible ; porosité intergranulaire très forte.
- 85-140 cm 7,5 YR 6,5/6 ; jaune très clair ; sables fins à peine compactés et de cohésion faible ; horizon très poreux.
- 140-200 cm 7,5 YR 5,5/6 ; contraste faible, transition très floue ; presque blanc ; très faible, cohésion des éléments structuraux porosité intergranulaire très forte.

Enracinement : chevelu de radicelles très dense, décroissant jusqu'à 170 cm

La différenciation des sols de cette série se résume aux caractères suivants :

Horizon humifère : il est peu épais, de teinte brune assez foncée sur 6 à 10 cm, il s'éclaircit ensuite, et l'on peut délimiter approximativement sa base vers 20 à 25 cm.

Rubéfaction : le maximum se situe à faible profondeur, entre 30 et 40 cm il est assez net, mais les transitions, surtout vers la base du profil, sont très progressives.

Structure : les variations structurales sont limitées à de faibles modifications de la porosité en taille et développement, sauf dans la base de l'horizon humifère qui est légèrement compactée ; la porosité est toujours de type intergranulaire, c'est-à-dire, qu'elle résulte du simple empilement des éléments texturaux, sans trace de cimentation. La tendance lamellaire en surface est attribuable à la superposition de dépôts successifs, séparés par de fragiles croûtes pluviales. La cohésion reste faible dans tout le profil.

Les variations en fonction de la position topographique se traduisent en interdune par une teinte plus grise de l'horizon humifère et, fréquemment, par l'épaississement du profil consécutif à une humidité édaphique plus élevée.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles, (0,25 à 0,30 % en surface) : la décroissance est plus rapide sur les 15 premiers cm, confirmant l'existence d'un mince horizon plus humifère. Les sols d'interdune sont mieux pourvus, avec des taux superficiels de l'ordre de 0,60 % leur C/N également plus élevé (12 à 13, contre 9 à 10 en haut de dune) montre que l'humification est assez nettement réduite par une humidité plus forte durant la saison des pluies.

Texture :

Le matériau est un sable assez bien trié, très pauvre en colloïdes minéraux. La somme argile + limon est sensiblement constante dans le profil (3 à 4 %) mais décroît dans le matériau (1 %). Au même phénomène observé au NIGER Oriental, deux explications possibles ont été proposées : "formation de colloïdes minéraux, surtout des hydroxydes, dans le profil, ou apports par des poussières éoliennes". La pauvreté en éléments fins de ces sols est à l'origine du développement minimum de la structure et, par suite, de leur sensibilité à l'érosion éolienne. Les sols de bas de pente présentent par contre un profil un peu plus riche en éléments fins, la somme argile + limon atteignant 7 à 8 %, mais le matériau reste à peu près inchangé (voir profil ND 72 sur fiche)

Sesquioxydes :

Le taux de fer total, approximativement constant dans le profil (6 ‰) est deux fois moins élevé dans le matériau. Le rapport fer libre / fer total minimum en surface (0,68), présente un maximum secondaire dans l'horizon rougi (0,77) et un maximum principal dans le matériau (0,80) ; cependant en valeur absolue, le fer libre est deux fois plus abondant dans l'horizon (B) qu'en profondeur.

Complexe absorbant :

Ces sols sont saturés, le pH est de 7 en surface, il tend à croître légèrement en profondeur et atteint 7,6 dans le matériau. La capacité d'échange est très faible ($\leq 1,5$ meq) par suite de la pauvreté en éléments fins ; elle est plus élevée dans les sols d'interdune (3 à 4 meq en surface), mieux pourvus en matière organique et en argile. L'équilibre des bases montre une nette carence en potassium (moins de 0,06 meq), les teneurs relatives moyennes sont les suivantes : Ca = 40 ; Mg = 25 ; K = 1 ; Na = 4.

Fertilité chimique :

Elle est très basse dans les sols sur dune ($N \text{ ‰} = 0,15$ à $0,20$ - $P_{2O_5} \text{ ‰} = 0,16$ à $0,26$), moyenne dans les sols d'interdune grâce à des teneurs en azote et phosphore un peu plus élevées (respectivement $0,27$ et $0,30 \text{ ‰}$) et surtout à un complexe absorbant mieux pourvus en bases.

Propriétés physiques :

La perméabilité, très élevée dans les sols sur dune (6 à 8 cm/h) diminue en bas de pente, où elle est moyenne à faible (2 à 3 cm/h). La stabilité structurale décroît légèrement quand le taux d'argile augmente, mais la signification du test est limitée dans ces sols très sableux.

c) Utilisation

La vocation des sols de dune est uniquement pastorale, par suite de leur sensibilité à l'érosion éolienne et de leur fertilité très réduite. Les sols d'interdune, plus fertiles, mieux alimentés en eau et protégés de l'érosion éolienne par leur position topographique, peuvent porter des cultures de mil et d'arachide.

d) Extension :

Ces sols sont formés essentiellement sur l'erg récent qui s'étend au Nord Est de SAMIA ANDI, on les trouve également sur de petits cordons qui bordent la rive gauche de la vallée de TARKA.

B - I - 2 - SERIE D'EIDIR

a) Morphologie

Le profil NF 29 a été observé au Sud D'EIDIR, sur un erg ^d modelé peu accusé, la hauteur relative des dunes n'excédant pas 3 à 4 m. Il est situé en tiers supérieur de dune, sous une savane faiblement arborée à *Combretia glutinosa* et *Guiera senegalensis*. Le tapis est dense, composé de *Ctenium elegans*, *Andropogon amplexans*, *Aristida mutabilis*.

surface : sables déliés, peu épais (1 cm) brun beige clair reflets brun rouge.

- 0-10 cm 7,5 YR 5/5 ; brun légèrement jaune, sous les sables déliés croûte superficielle (1 mm) puis zone légèrement violacée (2 mm) à porosité plus grossière reposant sur un niveau fortement strié (5 cm) ; texture sableuse faiblement hétérogène, présence de nombreuses oolithes ; structure massive, débit régulier, cohésion faible ; porosité interstitielle fine et bien développée.
- 10-23 cm 5 YR 4,5/6 ; contraste faible ; brun rouge ; texture sableuse, assez homogène avec oolithes ; structure massive, débit à faces légèrement mamelonnées, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle assez fine, très bien développée.
- 23-53 cm 5 YR 4,5/6 ; contraste assez faible, transition sur 5 cm ; rouge ; texture sableuse assez homogène avec présence d'oolithes structure massive ; débit à faces plus mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité interstitielle un peu plus grossière, très bien développée.
- 53-100 cm 5 YR 5/6 ; horizon de transition ; rouge homogène ; texture sableuse homogène, oolithes ; structure massive, débit à faces faiblement mamelonnées, cohésion faible, horizon légèrement plus tendre que ci-dessus ; porosité interstitielle fine, bien développée.
- 100-220 cm Entre 5 YR 5,5/8 et 7,5 YR 5,5/8 (plus près de 7,5 YR) ; rouge ; texture sableuse homogène avec présence d'oolithes.

On note dans ce profil une légère amorce de différenciation structurale (cohésion moyenne dans les trois premiers horizons, variations de débit faible mais nettement perceptible) liée vraisemblablement à la moindre pauvreté éléments fins que révèle l'analyse. Le profil reste cependant peu épais (matériau atteint dès 1 m). L'horizon (B) contraste assez faiblement avec le matériau lui-même très rouge. La rubéfaction d'ensemble du profil s'accompagne de teneurs en fer élevées, ce qui, avec la présence d'abondantes oolithes, permet de penser que ces sables sont issus, après remaniements éoliens, de grès sidérolithiques, qui subsistent sous forme de pavages, sur les témoins du Continental Terminal, dans la zone d'extension de ces sols.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles dès la surface (0,20 à 0,40 %), elles décroissent un peu plus rapidement sur les 20 premiers cm.,

... pour diminuer ensuite progressivement jusqu'à la base du profil. Le rapport C/N inférieur ou égal à 10 en surface, diminue régulièrement avec la profondeur.

Texture :

La granulométrie des sables est celle, typique, des ergs récents, du NIGER Central. La répartition est bimodale, avec un mode principal situé dans les sables fins vers 0,18 mm. Les taux d'éléments fins (A + L) varient de 4 à 5 % en surface et se stabilisent ensuite autour de 7 % dans le profil qui manifeste un léger enrichissement par rapport au matériau (6 %). Les teneurs plus faibles en surface sont attribuables à des remaniements superficiels, dont les horizons supérieurs gardent les traces sous forme d'une forte striation.

Sesquioxydes :

Les teneurs en fer total sont élevées, allant de 23 à 32 %. Les variations verticales montrent un léger maximum dans l'horizon (E), mais le matériau reste riche en cet élément. Le rapport fer libre / fer total est généralement minimum en surface, ses variations sont ensuite faibles et non constantes d'un profil à l'autre ; on n'observe qu'un très léger maximum, qui se situe soit dans l'horizon (B), soit dans le matériau.

Complexe absorbant :

Le pH voisin de la neutralité en surface (6,7), décroît ensuite rapidement vers la base du profil, il est minimum dans le matériau où il atteint des valeurs très basses (5). Nous verrons que cette acidité caractérise les formations sableuses recouvrant le Continental Terminal (Ct₂), où nous avons toujours observé, en position de bon drainage, des pH assez nettement inférieurs à ceux qui affectent normalement les types de sols correspondants ; ceci est probablement dû à la grande pauvreté minérale de ces matériaux. Le taux de saturation varie corrélativement de 0,85 en surface à 0,50 en profondeur.

La capacité d'échange est inférieure à 2 meq. L'équilibre des bases montre une décroissance normale des valeurs respectives de chaque éléments Ca, Mg, K, Na

Fertilité chimique :

Les taux d'azote sont faibles (0,15 à 0,20 ‰), ceux de phosphore un peu plus favorables (0,6 ‰), la fertilité chimique reste cependant basse.

Propriétés physiques :

La perméabilité est moyenne à faible (1,5 à 2,5 cm/h), liée à la dominance des sables fins sur les sables grossiers ; la stabilité structurale, moyenne en surface diminue lorsque le taux d'éléments fins augmente.

c) Utilisation

Ces sont exploités de préférence à ceux sur ergs anciens voisins, trop dégradés par l'érosion hydrique (cf. série de CHINIELGA). Ils paraissent assez peu sensibles à l'érosion éolienne par suite de leur teneur non négligeable en éléments fins. Cependant, leur répartition climatique (pluviométrie inférieure à 400 mm) et leur faible fertilité limitent fortement leurs possibilités agricoles. Leur vocation naturelle est en fait pastorale.

d) Extension

Les formations sableuses portant ces sols s'étendent entre l'ADER DOUTCHI, et le dallol MAOURI, limitées au Sud par le parallèle 14°50' ; elles alternent avec des formations sableuses anciennes, et s'en distinguent nettement par leur modelé dunaire net, bien que de faible amplitude, l'absence d'encroûtement superficiel et de traces d'érosion hydrique. La végétation est une savane monospécifique à Combretum glutinosum, qui contraste également avec la steppe à Commiphora africana des ergs anciens.

B - I - 3 SERIE DE MARKIE

a) Morphologie

Le profil NF 80 est situé entre TEBARAM et MARKIE (24 km à l'Ouest de TEBARAM) sur un erg à modelé en vastes buttes dont la hauteur relative ne dépasse pas 4 à 5 m. La végétation est une savane à Combretum glutinosum, mêlés çà et là à quelques Commiphora africana. Le tapis herbacé est dominance d'Aristida longiflora, avec quelques Ctenium elegans.

Surface : sables déliés jaunâtres, rejets brun rouge

- 0-10 cm 7,5 YR 5/6 ; brun jaune assez clair, horizon strié (stries de même teinte) texture sableuse assez fine avec oolithes ; structure massive, débit régulier, cohésion moyenne ; porosité fine bien développée.
- 10-21 cm 7,5 YR 5/6 ; contraste faible ; légèrement plus foncé et plus rouge, homogène ; même texture ; structure massive, débit à faces faiblement mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité légèrement plus grossière très bien développée.
- 21-65 cm 7,5 YR 5/8 ; contraste moyen ; jaune rouge, homogène ; même texture ; structure massive, débit assez mamelonné, cohésion moyenne un peu plus faible ; porosité légèrement irrégulière et grossière
- 65-110 cm Horizon de transition
- 110-220 cm 7,5 YR 6/8 ; jaune légèrement rouge ; texture sableuse, assez riche en oolithes ; structure massive, débit régulier, cohésion très faible ; porosité fine et bien développée.

Stries : présentes jusqu'à 30 cm

Enracinement : assez dense, régulièrement réparti jusqu'à 70, présent jusqu'à 2 m.

Ce profil ne diffère de ceux de la série d'EIDIR précédemment décrite, que par sa coloration nettement plus claire et moins rouge. Les teintes restent dans la gamme 7,5 YR du code de MUNSELL et leurs variations se résument à un éclaircissement progressif du sommet vers la base du profil, avec une rubéfaction à peine visible de l'horizon (B) qui ne peut être rendue par le code. Ces caractères de faible rubéfaction sont régionaux et affectent l'ensemble de la formation sableuse portant ces sols.

b) Propriétés analytiques

Elles sont identiques à celles des sols de la série d'EIDIR sauf en ce qui concerne le fer, qui est un peu moins abondant (fer total : 15 à 20 ‰), le rapport fer libre / fer total est par contre du même ordre

... de grandeur (0,85) et ses variations dans le profil également faible et non constantes.

c) Utilisation

Ces sols portent quelques cultures de mil pénicillaire, mais leur répartition climatique les rattache, dans les conditions actuelles, à la zone pastorale.

d) Extension

La zone d'extension de ces sols coïncide avec un ancien axe de drainage du dallol MAOURI qui reste visible, sur photographie aérienne, dans la partie amont de son cours. Cette position géomorphologique est probablement à l'origine de la faible coloration des sols, caractère fréquent des ensablements de vallées.

B - I - 4 SERIE DE TAGUIRISS

a) Morphologie

Le profil ND 55 a été ouvert 10 km au Nord-Est de TAGUIRISS, dans un erg récent à **grandes** rides transversales, 1 m au dessous du replat sommital d'une dune. La végétation est une prairie à *Aristida longiflora*, *Ctenium elegans*, *Andropogon pulchellum*, piquetée de quelques *Faidherbia albida*, *Acacia senegal*, *Combretum glutinosum*.

Surface : sables déliés sur 2 à 3 cm

0-I8 10 YR 5,5/4 : brun gris avec de nombreux remplissages blancs à cerne ocre ; texture très sableuse, granulométrie assez étalée structure massive, débit lamellaire au sommet puis régulier ensuite, face plane cohésion faible ; porosité interstitielle très fine, bien développée, très nombreux trous d'insectes.

- I8-53 cm 7,5 YR 5/5 ; contraste moyen, transition très floue ; ocre jaune pâle assez homogène, nombreuses stries onduleuses sur les 15 premiers cm
- 53-I20 cm 7,5 YR 5,5/6 ; (plus rouge) contraste moyen à fort, transition extrêmement floue ; jaune ocre ; homogène ; texture très sableuse ; structure massive, débit faiblement mamelonné, cohésion moyenne à faible, semble légèrement agrégé, porosité interstitielle (0,25 mm) réduite par rapport à celle des horizons supérieurs.
- I20-200 cm 7,5 YR 5,5/7 ; contraste faible, transition extrêmement floue ; rouge jaune ; texture sableuse un peu plus fine et moins étalée qu'au sommet ; structure massive, débit nettement plus régulier ; porosité nettement intergranulaire très fine moyennement développée vers la base.

Enracinement : très nombreuses radicelles obliques jusqu'à 45 cm, verticales et abondantes jusqu'à 84 cm, encore visible à 2 m.

Les principaux caractères morphologiques des sols de cette série sont les suivants :

- rubéfaction de l'ensemble du profil très peu prononcée, le maximum, à peine perceptible, se situe dans le troisième horizon ; cette faible rubéfaction est à l'origine de la teinte légèrement grise de l'horizon supérieur, qui n'est pas décoloré, ainsi que pourrait le suggérer la notation MUNSSELL (10 YR)

- épaisseur variable des deux horizons supérieurs (valeurs extrêmes observées 10 et 18 cm pour le premier, 17 et 35 cm pour le second), qui semble liée à la déflation ou, au contraire, à des accumulations éoliennes. En effet, dans le profil cité, où les horizons supérieurs sont particulièrement épais, on notera la présence de stries jusqu'à 33 cm ; l'analyse granulométrique montre également une plus grande pauvreté en éléments fins de ces horizons.

- variations structurales réduites à de faibles variations de la porosité (développement) ; de ce point de vue, ces sols se rapprochent de ceux de la série de YAGADJI.

b) Propriétés analytiques

Les propriétés analytiques sont très voisines de celles de la série de YAGADJI (sols de dune) elles ne s'en distinguent que par les variations du taux d'éléments fins qui, bien que du même ordre de grandeur ($A + L = 2$ à 4%), croissent très légèrement du sommet vers la base du profil.

La fertilité chimique est très faible ($N = 0,15$ à $0,20 \%$, $P_2O_5 = 0,16$ à $0,20 \%$).

c) Utilisation :

Ces sols sont incultes, sauf au Nord Est de TARKA où ils portent quelques cultures de mil penicillaire. Leur vocation est en fait pastorale, par suite de leur sensibilité à l'érosion éolienne (absence de structuration des horizons de surface due aux très faibles teneurs en éléments fins), de leur pauvreté minérale et de leur répartition climatique (pluviométrie inférieure à 400 mm).

d) Extension et paysages végétaux :

La formation sableuse correspondant à ces sols s'étend de part et d'autre du cours amont de la vallée de TARKA ; elle porte une formation végétale du type prairie, parsemée de quelques arbres ; les interdunes les plus profonds sont envahis par des bois armés à *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca*.

B I - 5 - SERIE DE TOUDOUNI

a) Morphologie

Le profil AD 50 est situé sur l'ensablement bordant au Nord de la vallée de KEITA, sous une savane à *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennoides*, *Bauhinia rufescens*, *Balanites aegyptiaca*, le sol est cultivé en mil penicillaire d'aspect très médiocre.

- 0-15 cm 7,5 YR 5/4 ; brun rougeâtre ; sableux quelques oolites ; structure massive, débit à faces planes, cohésion très faible (presque particulaire) ; porosité d'assemblage de grains bien développée, nombreux trous d'insectes.
- 15-51 cm 5 YR 4,5/6 ; brun rougeâtre, horizon le plus rouge ; massif, débit régulier, cohésion faible, porosité d'assemblage plus développée.
- 51-103 cm Jaune brun ; même texture ; structure particulaire, porosité d'assemblage.
- 103-160 cm 5 YR 5,5/6 ; jaune rougeâtre ; sable tassé (matériau)

On notera l'épaisseur particulièrement faible du profil, qui se résume à deux horizons principaux : un horizon humifère peu épais, assez foncé, reposant directement sur l'horizon rougi. La proximité de la surface de l'horizon rougi (15 cm) est attribuable à l'ablation partielle par érosion de l'horizon supérieur. Certains profils sont encore plus tronqués et présentent un horizon humifère développé dans l'horizon rougi préalablement décapé.

L'érosion éolienne se manifeste également dans le paysage par la fréquence des crêtes de dunes ravivées, localisées surtout dans les zones où ces sols sont cultivés.

b) Propriétés analytiques

Les teneurs en matière organique sont analogues à celles observées très généralement dans les sols brun rouge peu différenciés (0,20 à 0,30 % en surface).

La texture est extrêmement sableuse, avec moins de 4 % d'éléments fins ; les variations verticales sont très faibles et non constantes d'un profil à l'autre.

Le pH est très voisin de la neutralité (6,8 à 7) et constant dans le profil ; la capacité d'échange est inférieure à 3 meq.

La fertilité chimique est très basse, avec moins de 0,20 % d'azote ; les taux de phosphore sont un peu moins défavorables (0,3 à 0,6 %).

d) Extension et utilisation

La formation sabieuse portant ces sols est issue du remaniement éolien (remaniement contemporain de la mise en place des ergs récents) des alluvions sableuses anciennes des vallées de l'ADER DOUTCHI ; elle forme dans la grande vallée de TOUDOUNI un vaste train dunaire, presque continu sur plus de 50 Km, large de 1 à 5 Km. Ailleurs, on l'observe, à une échelle plus réduite, sous forme de juncs sableuses ou d'ensablements de versant.

Lorsqu'ils sont cultivés, ces sols montrent une dégradation particulièrement rapide et spectaculaire des horizons de surface, qui se transforment en sables vifs où végète seulement quelques touffes d'*Aristida longiflora* ; cette grande instabilité les voue à un usage exclusivement pastoral.

B I - 6 - CONCLUSIONS SUR LES SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIÉS

Les caractères morphologiques les plus constants de sols brun rouge peu différenciés sont leur épaisseur réduite (1 à 1,4 m) et leur faible différenciation structurale. Ce dernier caractère montre cependant quelques variations, qui semblent liées à celles du taux d'éléments fins, jouant principalement sur la cohésion. La moindre pauvreté en éléments fins des séries à légère différenciation structurale (MARKIE et EDIR) peut être reliée au modelé peu accusé et à la faible extension des formations sableuses qui les portent, ce qui suppose un remaniement moins accentué que pour les grands ergs récents orientaux, et, par suite, un tri moins poussé.

L'intensité de la rubéfaction, qui affecte régionalement les sols est plus difficilement interprétable ; elle peut être en relation avec la position géomorphologique des formations sableuses (ensablements de vallée ou de bordure de vallée : séries peu rougies de MARKIE et de TAGUIRISS), entraînant des conditions de drainage particulières ; elle ne se traduit pas nécessairement par des teneurs en fer libre plus élevées dans les séries rougies, mais est plus vraisemblablement liée à des formes différentes des hydroxydes.

Les résultats analytiques, résumés dans le tableau 5 distinguent deux ensembles. Le premier regroupe les séries de YAGADJI, TAGUIRISS, TOUDOUNI, dont les propriétés sont voisines de celles des sols brun rouge peu différenciés du NIGER Oriental (sols peu évolués intergrades vers les sols brun rouge), en particulier en ce qui concerne la texture, très

... pauvre en éléments fins et approximativement constante dans le profil, et le complexe absorbant (pH voisin de la neutralité dans l'ensemble du profil, coefficient de saturation très élevé). Le second (séries d'EIDIR et de MARKIE) montre des caractères tendant vers ceux des sols évolués ; la texture varie verticalement de façon appréciable, le pH est plus faible en surface et diminue avec la profondeur ainsi que le taux de saturation ; ces différences sont vraisemblablement attribuables au type de matériau des ergs récents occidentaux (sur Ct₂), à la fois plus riche en éléments fins et chimiquement très pauvre.

La vocation naturelle de ces sols est pastorale par suite de leur répartition climatique, de leur sensibilité à l'érosion éolienne et de leurs faibles réserves en éléments nutritifs. Toutefois, les séries de MARKIE et d'EIDIR, grâce à la stabilité un peu meilleure de leurs horizons de surface, peuvent éventuellement supporter la culture du mil pénicillaire, à condition toutefois de maintenir des jachères de très longue durée.

TABLEAU 5

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIES

		Séries d'EIDIR et de MARKIE			Séries de YAGADJI, TAGUIRISS TOUDOUNI		
		Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Mat.Org. %</u>							
en surface		0,38	0,22	0,28	0,32	0,21	0,22
vers 50 cm		0,14	0,11	0,13	0,17	0,12	0,14
<u>C/N en surface:</u>		10,0	7,2	9,1	10,7	9,4	9,9
<u>Arg.+Limon %</u>							
en surface		5,1	3,8	4,6	4,4	1,8	3,1
ds le profil		7,9	6,0	7,1	5,3	3,1	3,8
ds le matériau		6,7	4,5	5,6	4,4	1,0	3,0
<u>Fer libre %</u>							
en surface		19,5	13,4	16,2	16,6	3,4	7,2
ds le profil		27,8	15,1	19,7	19,2	4,3	8,6
ds le matériau		21,9	14,4	17,4	10,2	2,5	5,8
<u>Fer libre/f.tot.</u>							
en surface		0,88	0,72	0,79	0,89	0,63	0,74
ds le profil		0,92	0,80	0,86	0,94	0,43	0,77
ds le matériau		0,94	0,87	0,91	0,84	0,66	0,77
<u>pH en surface</u>		6,7	6,2	6,4	7,0	6,3	6,7
ds le profil		5,6	4,9	5,4	7,0	6,6	6,8
ds le matériau		5,3	4,9	5,1	7,6	6,2	7,0
<u>Sommes bases</u>							
<u>échg en meq</u>							
en surface		1,67	1,02	1,44	2,2	1,14	1,76
ds le profil		1,16	0,66	0,94	2,6	1,0	1,3
ds matériau		1,06	0,41	0,78	1,68	1,0	1,22
<u>Coef.saturat.</u>							
en surface		0,96	0,68	0,86	1	0,85	0,93
ds profil		0,61	0,44	0,55	1	0,71	0,86
ds matériau		0,59	0,46	0,53	1	0,88	0,94
<u>Equil. bases</u>							
Ca+Mg/K+Na	S II		8	9	37	10	24
	P 24		4	11	50	7	29
Ca/Mg	surf	2	1,3	1,6	3	2	2,5
	prof	2	1	1,4	3,2	1	2
K/Na	surf	6	1,2	3,0	3	0,6	1,6
	profond.	1,2	1,0	1,1	1	0,2	0,8

III - B 2 - SOLS BRUN ROUGE TYPIQUES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES
ERGS ANCIENS

B 2 - I - SERIE DE DAKORO

a) Morphologie :

Le profil NE 37 a été observé II km au Nord-Est de MAILAFIA, en sommet de dune, sous une savane faiblement arborée contractée à *Poupartia birrea*, *Combretum glutinosum*, *Balanite aegyptiaca* ; le tapis est mixte.

Aspect superficiel : sables déliés sur 5 cm, rejets plus rouges, petites buttes légèrement encroûtées

- 0-20 cm 7,5 YR 5/5 : brun jaune, hétérogène, réticulum gris, quelques remplissages plus jaunes - sur les 10 premiers cm on observe une striation subhorizontale faiblement sinuose, texture sableuse hétérogène ; structure massive ; débit à faces très faiblement mamelonnées, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle fine et moyennement développée, sauf dans le réticulum où elle devient plus grossière et plus forte.
- 20-38 cm 7,5 YR 5,5/5 ; contraste moyen, transition sur 5 cm ; brun légèrement rouge, moins hétérogène ; réticulum peu contrasté ; texture sableuse moins riche en éléments grossiers ; structure massive, débit à faces légèrement plus mamelonnées, cohésion légèrement plus forte ; porosité de même type, plus développée.
- 38-102 cm 5 YR 5/7 ; contrasté moyen à fort, transition sur 5 cm ; même texture ; structure massive, débit à faces assez mamelonnées cohésion moyenne ; même porosité
- 100-200 5 YR 5,5/8 ; (plus près de 7,5 YR) ; contraste moyen, transition sur 20 cm ; jaune légèrement rouge, homogène ; texture sableuse pauvre en éléments grossiers, sable un peu mieux trié ; structure massive, débit à faces faiblement mamelonnées, cohésion moyenne à faible ; porosité de même type que ci-dessus, très fine, peu visible.

Enracinement : assez abondant sur les 40 premiers cm, racines présentes jusqu'à la base du profil

Ce profil représente le type moyen de la série, les autres profils s'en écartant très peu ; la succession des horizons et les variations par rapport au type sont les suivantes :

- en surface, une couche de sables déliés, dont l'épaisseur varie de 2 à 5 cm, reposant sur une croûte pluviale très fragile. Dans certaines zones soumises à une érosion en nappe plus intense, il se forme une croûte grise cimentée par des algues, pouvant, malgré sa relative fragilité, favoriser le ruissellement.
- un horizon humifère épais de 15 à 20 cm, de teinte brune (10 YR 5/3,5) à brun légèrement rouge (7,5 YR 5/5) ; la présence de stries sur les 10 ou 15 premiers cm est très constante et peut s'interpréter comme la trace de remaniements éoliens superficiels. La structure est massive à cohésion assez faible ; la porosité interstitielle est fine, son développement moyen à bon, varie selon le tassement superficiel (érosion). Cet horizon est généralement fortement remanié par la faune et l'on observe de nombreux remplissages plus gris venus de la surface ou plus jaunes et issus des horizons profonds.
- un horizon de 10 à 20 cm que l'on peut assimiler à un horizon de transition ; sa teinte, à la fois plus claire et plus rouge est due à la diminution de la composante brune attribuée à la matière organique et à un début de rubéfaction. La structure est massive mais à débit plus mamelonnée traduisant une légère cimentation, la cohésion un peu plus forte. La porosité, de type interstitielle, est souvent maximum en taille et développement dans cet horizon, elle est toujours au moins égale à celle de l'horizon sous-jacent.
- un horizon de 40 à 60 cm assez fortement rougi dont la teinte se situe toujours dans la planche 5 YR du code de MUNSELL. Le maximum de structure se situe généralement vers le sommet de cet horizon, et se manifeste par un débit mamelonné et une cohésion moyenne. La structure diminue ensuite vers la base de l'horizon.
- un horizon de transition de couleur dont la base n'est fréquemment pas atteinte à deux mètres. Certains profils, sondés jusqu'à 4 mètres ont montré une variation lente de la couleur jusqu'à plus de 3 m, suivie d'une stabilisation dans les teintes 7,5 YR vers 3,5 m, profondeur à laquelle on peut estimer avoir atteint le matériau originel. La structure subit une modification beaucoup plus rapide, et dès le sommet de cet horizon on observe une structure massive à débit régulier, cohésion faible, qui reste constante jusqu'à la base du profil. La porosité est déjà celle d'un matériau.

Les variations en fonction de la position topographique sont généralement faibles et se traduisent, dans les interdunes ou en bas de pente, soit par une moindre coloration du profil (Horizon B, 7,5 YR), soit, plus rarement, par une rubéfaction un peu plus prononcée, l'apparition de raies, et une légère réduction du drainage, consécutive à un faible enrichissement en éléments fins en profondeur ; le profil est alors voisin de ceux de la série de DAN MAKAO étudiée plus loin (cf. Profil NE 35 sur fiche)

b) Propriétés analytiques

Matière organique :

Les taux de matière organique sont faibles ; la répartition moyenne et les teneurs extrêmes sont les suivantes :

<u>Profondeur</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Maximum</u>	<u>Minimum</u>
0-10 cm	0,25 %	0,30 %	0,17 %
20-30 cm	0,15	0,16	0,12
50-60 cm	0,13	0,14	0,12
110-120 cm	0,09	0,10	0,09
180-200 cm	0,08	0,09	0,07

La décroissance de la matière organique est progressive sauf sur les 20 premiers cms où l'on observe une diminution de 40 % du stock organique, confirmant l'existence en surface, d'un mince horizon plus humifère. Le rapport C/N est très bas variant de 7 à 10 en surface, il décroît avec la profondeur pour atteindre 6 vers 1,5 m sans que l'on puisse cependant attacher de signification très précise à ces valeurs par suite des faibles quantités d'azote dosées ; nous ne retiendrons que le sens de variation qui indique une minéralisation, déjà très forte en surface, croissant avec la profondeur.

Texture :

Le matériau est constitué de sables pauvres en colloïdes minéraux. La répartition granulométrique de la fraction sableuse est celle observée très généralement dans les ergs anciens orientaux (cf. étude granulométrique des matériaux), avec une dominance des sables grossiers sur les sables fins (le rapport sables fins / sables grossiers est en moyenne de 0,6). Les teneurs en éléments fins sont faibles.

La somme argile + limon varie en moyenne de 4,7 % en surface à 6,3 % dans l'horizon B, marquant un léger maximum, pour diminuer à nouveau dans le matériau (5,2 %).

Sesquioxydes :

La forte rubéfaction du profil se traduit analytiquement par une nette augmentation du taux de fer libre et du rapport fer libre / fer total dans l'horizon (B). Les résultats analytiques moyens sont les suivants :

	Fer libre	Fer libre / fer total
Surface	3,8 ‰	0,63
Horizon (B)	8,6 ‰	0,71
Matériau	5,5 ‰	0,61

Complexe absorbant :

Le pH, faiblement acide en surface où il varie de 6,3 à 6,8, décroît généralement en profondeur et atteint des valeurs allant de 5 à 6 dans le matériau. On observe parfois, dans les sols d'intordune à drainage légèrement réduit, une remontée du pH en profondeur (7,2) qui s'accompagne d'une augmentation du taux de saturation et de la teneur en calcium échangeable, correspondant à une légère accumulation. Le taux de saturation varie de 0,66 pour les pH plus bas à 0,90 pour ceux voisins de la neutralité. La capacité d'échange est très faible, inférieure à 2 meq.

L'équilibre des bases est correct en surface avec les proportions suivantes : Ca = 10 ; Mg = 4 ; K = 1 ; Na = 0,1 ; on note seulement de très faibles teneurs en sodium échangeable. En profondeur, on observe soit un équilibre de même type (Ca = 27 ; Mg = 13 ; K = 1 ; Na = 0) qui accuse le déficit en sodium et traduit une baisse relative du potassium, soit, plus fréquemment, un léger excès de magnésium par rapport au calcium : Ca = 7 ; Mg = 11 ; K = 1 ; Na = 0,1

Fertilité chimique

Les teneurs en azote (0,15 à 0,20 ‰) et phosphore (0,1 à 0,3 ‰) sont faibles mais bien équilibrées. A ceci s'ajoute un complexe absorbant à capacité d'échange très réduite.

La fertilité chimique est donc basse.

Propriétés physiques :

La stabilité structurale est bonne, bien que la texture très sableuse diminue la signification du test. La perméabilité est assez forte (4 à 6 cm/h) par suite de la dominance des sables fins sur les sables grossiers et des faibles teneurs en éléments fins.

c) Utilisation

La sensibilité à l'érosion éolienne de ces sols, consécutive à leur pauvreté en colloïdes minéraux, et leur extension climatique (pluviométrie inférieure à 400 mm) détermine leur vocation pastorale. Le tapis graminéen, bien que parfois très clairsemé dans les zones érodées, est d'assez bonne valeur fourragère, grâce à la relative variété des espèces graminéennes qui le composent : à côté d'espèces médiocres (*Aristida longiflora*, *Aristida stipoides*), il existe, en quantité appréciable, des espèces de bonne qualité telles qu'*Aristida mutabilis* et *Cenchrus biflorus*.

d) Extension

La formation sableuse portant ces sols s'étend principalement au Nord de la vallée de TARKA, entre l'ADER DOUTCHI et la vallée de GADA BEJI, elle correspond alors à l'extension septentrionale de la savane à *Poupartia birrea*. On la retrouve également au Nord-Est de la carte, où elle prolonge les sols brun rouge typiques sur ergs orientés du NIGER Oriental.

TABLEAU 6

PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SERIE DE

D A K O R O

	<u>Maximum</u>	<u>Minimum</u>	<u>Moyenne</u>
<u>A + L %</u> en surface	5,7	4,0	4,7
dans le profil	9	4,8	6,3
dans le matériau	7,7	3,5	5,2
<hr/>			
<u>PH</u> en surface	6,8	6,3	6,6
dans le profil	6,8	5,1	6,2
dans le matériau	5,0	6,5	5,8
<hr/>			
<u>Somme des bases</u>			
en surface	1,56	1,28	1,44
dans le profil	2,0	1,47	1,76
dans le matériau	1,58	1,11	1,36
<hr/>			
<u>Coefficient de saturation</u>			
en surface	0,87	0,71	0,80
dans le profil	0,91	0,70	0,81
dans le matériau	0,75	0,66	0,72
<hr/>			
<u>Equilibre des bases</u>			
Ca+Mg/Na + K (surface	22	11	14
profondeur	30	15	27
Ca/Mg (surface	3	1	2,5
profondeur	2	0,6	1

B 2 - 2 SERIE DE DAN MAKAO

Les sols de cette série constituent un faciès à drainage légèrement réduit de la série de DAKORO. Ils correspondent, dans la zone d'extension de cette dernière série, à des surfaces ensablées à modelé éolien très peu accusé (buttes basses) et situées à des cotes moins élevées que celles de la formation asableuse de DAKORO (anciennes vallées ou dépressions fermées). Cette réduction du drainage se traduit par l'apparition de raies peu épaisses et par un léger durcissement du profil.

a) Morphologie

Le profil NE 39 est situé à 15 Km au Nord-Est de MAILAFIA, sur un ensablement peu épais, en tiers supérieur d'une butte basse ; la pente est faible (1 à 2%). La végétation est une formation arbustive peu dense à *Acacia senegal*, *Commiphora africana*, *Maerua crassifolia*, quelques *Poupartia birrea* ; le tapis est composé d'*Aristida mutabilis* et de *Blepharis linariaefolia*.

Surface : très légèrement encroûtée, nombreux rejets

- 0-10 cm Entre 10 YR 6/4 et 7,5 YR 6/4 ; brun jaune, hétérogène ; lignes fines (1 à 2 Mm), plus grises, horizontalement disposées (e = 2 à 1 mm, d = 2 à 3 mm) ; texture sableuse, sables moyens à granulométrie assez étalée ; structure massive, débit horizontalement plus aisé, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle fine, moyennement développée, plus grossière dans les zones brun jaune, nombreux trous d'insectes.
- 10-23 cm 7,5 YR 6/6 ; brun jaune clair, parcouru de stries nombreuses et régulières, horizontales, gris clair au sommet devenant de plus en plus épaisses vers la base de l'horizon où elles deviennent de véritables raies (e = 5 mm), plus cohérentes, d'abord gris violacé, puis ocre rouge - les zones rougies semblent succéder à un mince liséré gris plus compact ; même texture que ci-dessus ; structure massive ; débit régulier à faces peu mamelonnées, cohésion faible à moyenne ; porosité interstitielle fine, un peu plus forte, plus forte dans les zones rougies.
- 23-75 cm 5 YR 5/8 ; jaune rouge, hétérogène ; à raies plus rouges (e = 5 mm, d = 10 cm), à limite de netteté variable, flexueuses, discontinues, très abondantes vers 31 cm - la base du profil est nettement plus humide et de teinte plus claire et plus vive ; texture sableuse avec un peu d'argile ; structure massive, débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne autour des raies, porosité

... interstitielle très développée, nombreux remplis-
sages à sables particuliers très poreux.

Vers I20 cm Sondage 0:c5 YR 5/8 ; la teinte semble légèrement
plus claire.

On notera par rapport à la série de DAKORO les variations suivantes

- Epaisseur moindre des horizons de surface
- Existence de lignes grises en surface, passant en profondeur à des raies rougies, légèrement durcies
- Horizons profonds, plus riches en éléments fins

b) Propriétés analytiques

Elles diffèrent de celles de la série de DAKORO par l'augmentation du taux d'éléments fins en profondeur (II à I2 %), augmentation qui ne se traduit que par une faible augmentation de la capacité d'échange (3 meq contre 2 pour la série de DAKORO) ; la somme des bases échangeables et leur équilibre restent les mêmes ; corrélativement le taux de saturation et le pH sont en peu plus faibles (respectivement 0,60 et 5,3)

La fertilité chimique est également basse

c) Utilisation

Ces sols ne sont pas cultivés ; climatiquement, ils font partie de la zone pastorale (pluviométrie de l'ordre de 300 mm) ; cependant, leur position topographique basse favorisant leur alimentation en eau, il est possible que leurs réserves hydriques soient suffisantes pour alimenter des cultures de mil penicillaire

B 2 - 3 - SERIE DE CHINIELGA

a) Morphologie

Le profil NF 83 est situé à 3 km au Nord-Ouest de CHINIELGA, dans un erg ancien très érodé, dont la végétation présente un aspect très fortement réticulé. La végétation ligneuse est exclusivement constituée

.... de *Commiphora africana*, avec en sous-strate *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis* et, concentré dans les interdunes en buissons denses, *Combretum micranthum*. Le tapis clairsemé est à base d'annuelles : *Andropogon amplexans*, *Andropogon pulchellum*, quelques *Schoenfeldia gracilis* et *Aristida longiflora*. Le profil a été ouvert en tiers supérieur de butte sableuse.

Aspect superficiel : encroûtement noirâtre - quelques sables déliés bruns - rejets brun rouge - quelques termitières en haut de butte ; termitières blanches plus abondantes dans les interbuttes.

- 0-9 cm 7,5 YR 5/5 ; brun assez foncé ; très faiblement hétérogène quelques remplissages plus rouges ; texture sableuse hétérogène, assez riche en sables fins ; structure massive, débit à faces légèrement mamelonnées, cohésion moyenne à forte, porosité fine, bien développée - horizon dur -
- II-22 cm 5 YR 4,5/6 ; contraste moyen, transition sur 3 cm ; brun plus rouge, homogène, même texture ; structure massive débit à faces mamelonnées, parfois assez aisé, cohésion forte ; porosité irrégulièrement grossière assez bien développée ; même dureté.
- 22-60 cm 5 YR 4,5/8 ; contraste moyen, transition sur 5 cm ; brun rouge ; présence de raies ; même texture ; structure massive, débit à faces plus mamelonnées, cohésion forte jusqu'à 50 cm décroissant rapidement ensuite ; porosité moins irrégulière, assez bien développée. Transition rapide, presque linéaire, de dureté.
- 60-II0 cm 7,5 YR 5/6 ; horizon de transition, contraste moyen ; moins rouge ; texture sableuse semblant mieux triée, présence de sables grossiers quartzeux blancs ; structure massive débit régulier, cohésion faible ; porosité fine bien développée.
- II0-200 cm 7,5 YR 5,5/8 ; après séchage : 7,5 YR 5/8 ; contraste moyen ; brun jaune, même texture et même porosité.

Raies : présente à 28 - 36 - 63 cm (e = 3 à 4 mm) légèrement violacées, un peu sinueuses, limites supérieures et inférieures très nettes, cohésion légèrement plus forte que celle de l'horizon.

Enracinement : moyen et homogène jusqu'à 70 cm

La principale caractéristique de ce profil, qui est commune à tous les sols de la série, consiste dans l'existence d'un niveau assez durci, épais de 50 à 70 cm, fortement structuré en regard de la texture (débit franchement mamelonné, souvent aisé, cohésion moyenne à forte), passant rapidement à un matériau dont la structure est proche de celle d'un sable tassé. Ce durcissement paraît difficilement interprétable autrement que comme une conséquence de l'érosion hydrique intense qui marque de façon constante le modelé des formations sableuses portant ces sols. Un durcissement superficiel dû à l'érosion hydrique a déjà été observé, mais sur d'autres types de sols formés sur des matériaux différents (sols rouges durcis de grade I du NIGER Oriental). Le problème réside également dans la cause initiale de cette érosion qui a épargné d'autres formations éoliennes contemporaines ; elle peut être d'ordre historique et liée à une mise en culture trop prolongée et intensive, mais l'association constante de ces sols à de vastes affleurements de grès argileux (Ct₂) situés à des cotes plus élevées, permet également de supposer que le ruissellement sur ces surfaces imperméables est à l'origine du phénomène en créant dans les ergs périphériques un réseau d'écoulement diffus, perceptible seulement sur photographie aérienne, et qui a pu permettre le démarrage d'une érosion régressive. La présence d'une croûte superficielle augmente la sensibilité actuelle à l'érosion hydrique en favorisant le ruissellement, et le niveau durci permet la formation de ravines.

Les autres caractères morphologiques de ces sols sont ceux des sols brun rouge tels qu'ils ont été observés au NIGER : un horizon humifère brun assez foncé, sur une faible épaisseur (ici 10 à 15 cm) passant vers 20 à 30 cm à un horizon rubéfié, épais de 40 à 50 cm. La rubéfaction diminue ensuite jusqu'à 110 ou 150 cm, puis la teinte s'éclaircit très progressivement (7,5 YR) jusqu'à 2 m.

Les sols d'interdune montrent fréquemment un léger enrichissement en argile en profondeur qui s'accompagne d'une augmentation de la compacité, et parfois, d'un concrétionnement ferrugineux (cf. NF 82 sur fiche). L'abondance des termitières entraîne, par suite de leur arasement, la formation de surfaces argileuses damées et stériles. Entre les buttes sableuses, le substrat peut également affleurer, et l'on observe alors des lithosols et des sols ferrugineux lessivés sur grès argileux.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

La matière organique est peu abondante en surface, elle décroît progressivement avec la profondeur, la diminution étant toutefois un peu

... plus rapide sur les 20 premiers cm

Profondeur	Matière organique %
0 - 10 cm	0,25
15 - 25 cm	0,19
40 - 50 cm	0,17
100 - 110 cm	0,09

Texture :

La granulométrie des sables est celle des ergs anciens occidentaux surmontant le Continental Terminal ; les sables fins dominent, le rapport sables fins / sables grossiers est en moyenne de 2,2 et les résultats sont en général très groupés autour de cette valeur.

Les teneurs en éléments fins (A + L) sont de 5 % en surface, 8 % dans l'horizon B et de 4 % dans le matériau. On observe un enrichissement du profil par rapport au matériau, avec un léger maximum dans l'horizon B.

Sesquioxydes :

Les teneurs en fer total varient de 10 à 20 ‰. Le rapport fer libre / fer total croît faiblement de la surface (0,76) vers l'horizon B (0,80), il est nettement minimum dans le matériau (0,70)

Complexe absorbant

Le pH est relativement bas pour un sol brun rouge (6,1 à 6,3 en surface), ceci peut être attribué à la dégradation du sol par l'érosion, mais aussi très probablement, au matériau, très acide (pH 4,6 à 5,1), ce caractère étant commun aux formations sableuses sur le Continental Terminal. Le complexe absorbant n'est jamais saturé, le taux variant de 0,72 en surface à 0,39 en profondeur, valeur extrêmement basse, qui traduit la pauvreté chimique du matériau. L'équilibre des bases est le suivant (en valeurs relatives)

Ca = 9 ; Mg = 8 ; K = 1 ; Na = 0,2

Propriétés physiques

La stabilité structurale est médiocre pour un sol sableux et la perméabilité assez faible, de l'ordre de 1 cm/h est due en partie à l'abondance des sables fins.

c) Utilisation

Ces sols sont pratiquement incultes ; et les régions où ils couvrent de grandes surfaces sont presque dépeuplées, les rares villages sont situés sur les ergs récents, (MARKIE, ABORAK, BELOFI...) ^{ou y ont des villages moins élevés de culture - ils sont utilisés} actuellement comme zone de parcours des troupeaux, mais les pâturages qu'ils portent à base d'Andropogon amplexans, sont peu denses et de qualité fourragère médiocre.

d) Extension et paysages végétaux

On reconnaît facilement ces sols à leur aspect superficiel, et au modelé des formations sableuses qui les portent. Ils correspondent à un paysage très typique de buttes sableuses à surface très encroûtée, généralement rouge, fréquemment interrompues par des affleurements de grès argileux. Leur couverture végétale est également caractéristique c'est une steppe contractée à Commiphora africana, avec, en sous-strate Boscia senegalensis et, localisés surtout dans les interdunes, des fourrés à Combretum micranthum et Acacia macrostachia. La zone d'extension maximum est approximativement limitée au Sud par une ligne CHINIELGA-BAGAROUA - TEBARAM - IN KARKADA.

B 2 - 4 SERIE DE KOUKALATA

La formation sableuse portant ces sols se distingue des ergs typiques par son modelé plan ou faiblement ondulé et son épaisseur, généralement faible ; elle recouvre les glacis taillés dans les grès du Continental Terminal. Cependant, par suite de son mode de mise en place également éolien, de sa texture (granulométrie des sables, teneur en éléments fins) et de la différenciation des sols qui s'y développent, nous l'avons incluse dans la formation sableuse des ergs anciens.

a) Morphologie

Le profil NF 2I est situé 1,5 Km à l'Est d'IN KARKADA, en tiers supérieur d'un versant ensablé à modelé plan et pente faible (1 à 2 %) dominé par un affleurement de grès ferrugineux à oolithes. La végétation est une steppe à *Commiphora africana* et *Guiéra senegalensis*, avec tapis d'annuelles (*Aristida mutabilis*, *Andropogon amplexans*)

*Aspect superficiel : sables déliés beige - rosé - rejets rouges -

- 0-12 7,5 YR 6,5/6 ; brun rosé avec des remplissages légèrement plus jaunes ; texture sableuse ; structure massive, débit assez régulier, cohésion moyenne ; porosité interstitielle assez fine et bien développée, nombreux canaux d'animaux.
- I2-26 5 YR 5,5/6 ; contraste faible, transition sur 5 - 10 cm ; teinte plus rouge, texture sableuse ; structure massive, débit à faces assez mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité interstitielle moyenne, localement plus grossière très bien développée.
- 26-75 2,5 YR 5/6 ; contraste faible, transition sur 10 cm, teinte à la fois nettement plus rouge et légèrement plus foncée, texture sableuse avec peut être un peu d'argile ; structure massive à débit presque aisé et assez irrégulier, cohésion moyenne légèrement plus forte que ci-dessus ; porosité presque semi-tubulaire, plus irrégulière, un peu moins développée.
- 75-140 2,5 YR 5,5/6 ; contraste faible à très faible, transition sur 20 cm ; rouge, à la fois légèrement plus clair et plus vif ; homogène, texture sableuse, structure massive, débit encore irrégulier, cohésion moyenne ; porosité interstitielle plus régulière, bien développée.

- I40-158 cm 2,5 YR 5,5/6 ; contraste faible à nul ; même teinte, mais horizon très travaillé par la faune - nombreuses galeries remplies de sables ou de petits agrégats de même teinte ; texture sableuse, structure massive, débit assez régulier, cohésion irrégulière : faible à forte, légère agrégation locale, porosité interstitielle à semi-tubulaire, irrégulière, localement plus grossière, en moyenne assez bien développée.
- I58-180 cm Banc de fragments de grès : grès fins en plaquettes (violacés) et grès à oolithes

Les horizons supérieurs sont ceux d'un sol brun rouge à variation nette de porosité analogue à ceux que nous avons observés sur les ergs anciens voisins. L'horizon B est cependant plus structuré et il passe en profondeur, sans variation nette de couleur, à un horizon riche en traces d'activité biologique. La structure, après avoir diminué dans l'horizon de transition, se développe à nouveau au contact du niveau de grès ; elle se manifeste généralement par la présence d'agrégats fins, de noyaux durcis fréquemment constitués par des nids d'animaux, une cohésion irrégulière et un débit assez aisé et mamelonné.

Les ensablements sur lesquels se développent ces sols sont d'épaisseur variable, pouvant dépasser 2 m, mais inversement, ils sont parfois réduits à un mince manteau discontinu portant des sols dont le développement est fortement limité par la proximité du substrat ; l'horizon humifère est alors très mince (moins de 10 cm) passant à un horizon rougi situé directement au contact du niveau gréseux (cf. NF 31 sur fiche).

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Ces sols présentent la même pauvreté en matière organique que ceux formés sur les ergs anciens voisins. Les taux sont de 0,25 % en surface décroissant progressivement avec la profondeur mais montrent parfois une très légère augmentation dans l'horizon situé au contact du substrat gréseux et consécutive à l'activité biologique qui s'y développe. Le rapport C/N égal ou inférieur à 10, indique une bonne évolution de cette matière organique.

Texture :

La répartition granulométrique de la fraction sableuse est identique à celle des ergs réticulés occidentaux, ce qui permet de supposer une origine commune des matériaux. Les teneurs en éléments fins sont par contre un peu plus élevées, elles augmentent de la surface (5 %) vers la base du profil, où elles peuvent atteindre 20 % ; ces variations verticales sont vraisemblablement dues à un lessivage résultant d'une pédogénèse ancienne, hypothèse confirmée

... par la constance des autres fractions granulométriques (limons et sables fins)

Complexe absorbant :

Le pH est relativement bas en surface (6 à 6,5) et décroît fortement avec la profondeur ; le taux de saturation est corrélativement bas, il varie de 0,75 en surface à 0,50 dans les horizons profonds. L'équilibre des bases est identique à celui de la série de CHINTELGA.

c) Utilisation

Lorsque leur épaisseur est suffisante (≥ 2 cm), ces sols sont parfois cultivés en mil, de préférence aux sols des ergs anciens voisins ; moins soumis à l'érosion, ils présentent également une capacité de rétention de l'eau un peu supérieure, par suite de la présence d'horizons profonds plus argileux (l'eau utile est de 1% en surface avec un taux d'argile de 13%, de 3% en profondeur où la fraction argileuse atteint 16%).

d) Extension

On trouve ces sols en auréoles autour des affleurements de grès du Continental Terminal qui forment de petits massifs, et auxquels sont adossés les glacis ensablés. La zone d'extension maximum est située au Nord d'EIDIR, dans une région faiblement ensablée où abondent ces massifs.

B 2 - 5 - SERIE DE BELBEDJI

a) Morphologie

Le profil ND 59 BOUDEJI a été observé sur un ensablement à modelé en buttes rondes, très basses 8 km au Sud de BOUDEJI. Il est situé en sommet de butte, sous une steppe contractée *Commiphora africana*, *Euphorbia balsamifera*, *Boscia senegalensis* ; le tapis est composé d'annuelles, principalement *Aristida mutabilis*, et *Andropogon pulchellum*.

Aspect superficiel : encroûtement épais de 1 cm, surmonté d'une mince couche de sables déliés brun jaune, très clair.

- 0-24 cm 7,5 YR 5/6 ; brun jaune, légèrement plus foncé sur les 5 premiers cm, très nombreuses stries horizontales linéaires, flexueuses, texture sableuse très hétérogène ; structure massive, débit régulier, cohésion faible, non agrégé, porosité interstitielle très fine bien développée, nombreux trous d'insectes.
- 24-69 cm Contraste faible ; transition sur 1 cm ; brun jaune plus clair, nombreuses stries onduleuses ; texture sableuse plus homogène ; structure massive, débit mamelonné, cohésion faible à moyenne porosité un peu plus grossière moyennement développée.
- 69-98 cm 7,5 YR 7/5 ; contraste presque nul, à peine plus clair, raies ocre (épaisseur = 2 mm, écartement = 10 cm), quelques marbrures ocre ; structure massive, débit plus régulier, même cohésion porosité légèrement plus faible.
- 98-200 cm 10 YR 8/4 ; sable blanc à granulométrie très étalée ; porosité intergranulaire développée, cohésion très faible, structure presque particulière. Cet horizon est parcouru de raies ocre rougeâtre (e = 7 mm, teinte 7,5 YR 6/4 au sommet de l'horizon ; e = 1 cm ; teinte 5 YR 5/6 à la base), à limite supérieure très nette, rectilinéaires, grisâtres, limite inférieure festonnée. Porosité des raies plus grossière que celle de la masse de l'horizon ; des fissures descendent jusqu'à la base du profil.

Enracinement : quelques radicelles jusqu'à 35 cm

La morphologie de ce sol est dominée par la présence de raies épaisses débutant dans le troisième horizon, et se poursuivant dans un horizon profond fortement et brutalement décoloré. Ce type de "raies de profondeur" n'a été observé au NIGER que dans des sols à drainage externe réduit ; il s'oppose aux raies que l'on trouve dans certains sols bien drainés (sol ferrugineux peu lessivés), moins contrastées, plus fines, et qui se situent dans l'horizon lessivé et la partie supérieure de l'horizon B. Le sommet de l'horizon décoloré correspond au toit d'une nappe ancienne ; ces manifestations d'hydromorphie sont fossiles car les horizons supérieurs, et particulièrement l'horizon humifère, sont de type bien drainé ; leur forte striation suggère d'ailleurs un remaniement éolien au moins superficiel.

L'évolution actuelle de ces sols est de type subaride et se traduit par la présence d'un horizon humifère brun jaune assez foncé, et d'un horizon (B) très peu contrasté et à peine rougi, gardant les traces de l'hydromorphie ancienne.

Sur certaines dunes plus hautes, l'horizon décoloré fait place à un horizon envahi de taches ocre rouge diffuses ; le profil ND 60, situé au sommet d'une dune très allongée 10 Km au Nord de BELBEDJI en donne un exemple.

Aspect superficiel : sables déliés sur 2 à 3 cm

- 0-29 cm 7,5 YR 6/5 ; brun jaune très peu humifère, très nombreuses stries onduleuses ; texture très sableuse, structure massive, débit régulier, cohésion faible, non agrégé ; horizon extrêmement poreux.
- 24-60 cm 7,5 YR 6,5/6 ; contraste faible, transition sur 2 cm ; un peu plus jaune, stries onduleuses plus régulières, parfois plus ocres à sommet très peu visible ; structure massive, débit légèrement mamelonnée, cohésion faible à moyenne, non agrégé ; porosité interstitielle un peu plus grossière, semblant bien développée.
- 60-100 cm 7/5 YR 7/5 ; contraste très faible, transition très diffuse ; un peu plus clair, stries légèrement plus visibles passant à une raie ocre rougeâtre très diffuse vers la base de l'horizon (e = 2 mm) ; structure massive, débit à faces très planes, cohésion faible à moyenne ; porosité de type interstitielle moyenne.
- 100-145 cm 7/5 YR 7/5 ; contraste nul, transition très floue ; brun très clair, parcouru de raies ocre rouge à fort contraste (e = 2mm), fines, très sinuées, presque réticulées, de cohésion moyenne, structure massive, débit régulier, cohésion moyenne à faible, porosité intergranulaire réduite.
- 145-200 cm 5 YR 5/8 ; contraste fort, transition sur 10 cm ; brun très clair, envahi par un réticulum de raies ocre rouge et de plages très diffuses de la même couleur ; structure massive ; débit polyédrique, cohésion variable, en général moyenne ; horizon assez compact.
- 200-210 cm 7,5 YR 7/6 ; contraste moyen, transition sur 10 cm, brun très clair, envahi de taches ocre rouge plus claires et diffuses, brun jaune clair à la base de l'horizon ; sables bien calibrés (plus que sur les 10 premiers cm du profil)

Enracinement : peu abondant sur les 40 premiers cm, disparaît ensuite

Les raies sont ici moins nettes et passent en profondeur à un réticulum et à des taches diffuses ; la décoloration est progressive. Ces manifestations sont celles que l'on peut observer actuellement dans certains sols au niveau de la frange capillaire d'une nappe sous-jacente.

b) Propriétés analytiques

Matière organique :

Les teneurs en matière organique sont très basses : 0,15 % en surface, 0,09 % à 40 cm. Les raies semblent légèrement enrichies par rapport au reste de l'horizon (0,10 % contre 0,07 %) sans que cette différence puisse être considérée comme vraiment significative. Le rapport C/N est très bas : 8 en surface, 5 dans les horizons profonds.

Texture

La texture est extrêmement sableuse, la fraction fine (A + L) reste contamment inférieure à 5 % et varie de façon négligeable dans le profil ; la texture des raies est la même que celle de l'horizon dans lequel elles se développent.

Sesquioxydes

Le taux de fer total est assez nettement plus faible que celui des sols à profil rougi ; il varie de 3 à 6 % contre 5,5 à 8,5 % dans la série de DAKORO ; les variations verticales sont très faibles et ne sont pas constantes, seules les raies manifestant un léger enrichissement en fer (6,2 %) par rapport au reste de l'horizon (4,8 %). Le rapport fer libre / fer total reste également à peu près constant dans le profil, il varie d'un profil à l'autre de 0,60 à 0,75.

Complexe absorbant :

Le complexe absorbant de ces sols est normalement saturé, et le pH varie de 6,9 à 7,3. La capacité d'échange est très faible (0,9 à 1,6 meq) par suite de la pauvreté en matière organique et en éléments fins.

L'équilibre des bases est correct ; les teneurs relatives sont les suivantes :

Ca = 5 ; Mg = 7 ; K = I ; Na = 0,5 - Surface -
Ca = II ; Mg = 5 ; K = I ; Na = I?5 - profondeur -

Fertilité chimique

Les taux d'azote et de phosphore sont très bas (respectivement 0,10 et 0,18 %) à ceci s'ajoute la pauvreté en réserves minérales du complexe absorbant, la fertilité chimique est réduite.

Propriétés physiques

La perméabilité est moyenne (2 à 4 cm/h) elle est plus faible dans les raies que dans le matériau environnant ; dans le profil ND 59, la perméabilité des raies est de 2,5 cm/h, celle des sables blancs de 7,7 cm/h. S'il y a actuellement migration du fer, ces raies constituent des niveaux d'arrêt.

c) Utilisation

Les facteurs limitant les possibilités agricoles de ces sols sont les mêmes que ceux de la série de DAKORO ; pluviométrie insuffisante (moins de 350 mm) et sensibilité à l'érosion éolienne. Ils portent quelques maigres cultures de mil itinérantes, mais leur vocation est pastorale ; ils offrent des pâturages moyens à base d'annuelles (*Aristida mutabilis*, *Andropogon pulchellum* et *A. Amplectens*)

d) Extension

Ces sols s'étendent au Nord de la vallée de TARKA où ils alternent avec les sols à drainage réduit de la série de TAGAE ; ils sont contigus à l'Est et à l'Ouest avec les sols de la Série de DAKORO, dont ils se distinguent par leur teinte superficielle moins rouge et le modelé plus aplani des formations sableuses sur lesquelles ils se sont développés.

B 2 - 6 SERIE DE TAGAE

a) Morphologie

Le profil ND 58 est situé à 6 km au Sud de BOUDEJI, dans une zone basse à modelé plan entourée de dunes rondes. La végétation est une steppe arbustive à *Commiphora africana* et *Boscia senegalensis* ; le tapis est à base d'annuelles (*Schoenfeldia gracilis*, *Aristida mutabilis*), qu'accompagnent quelques touffes de graminées vivaces (*Cymbopogon* sp.)

Aspect superficiel : croûte épaisse 1 cm, sables triés brun jaune très clair

- | | |
|---------|--|
| 0-5 cm | 10 YR 5,5/4 ; brun jaune parcouru de lignes grisâtres de 2 mm texture sableuse très hétérogène ; structure massive, débit régulier horizontalement aisé, cohésion moyenne ; porosité interstitielle très fine. |
| 5-17 cm | 7,5 YR 5,5/6 ; contraste faible, transition sur 1 cm, brun jaune présence de lignes fines violacées et très poreuses, peu visibles, structure massive débit régulier, cohésion moyenne ; porosité un peu plus forte. |

- I7-55 cm 7,5 YR 5,5/8 ; contraste moyen, transition sur 3 cm ; ocre hétérogène ; réticulum ocre rougeâtre très développé, plus poreux au sommet de l'horizon - très nombreuses stries flexueuses ; texture sableuse, très hétérogène, structure massive, débit très nettement polyédrique cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle très développée.
- 55-125 cm 7,5 YR 5,5/8 ; contraste très faible ; transition sur 5 cm ; ocre rougeâtre, très hétérogène ; parcours de raies ou de bandes ferruginisées (épaisseur = 2 cm sur les 10 premiers cm, pouvant atteindre 5 cm vers le milieu de l'horizon - intervalle = 5 cm) horizontales, continues à contraste très moyen - les bandes sont ocres rougeâtre (7,5 YR 5,5/7) souvent parcourues de zones linéaires à tendance polyédrique ; structure à tendance polyédrique, en assemblage plus compact, cohésion forte, porosité semi-tubulaire (0,25 mm) assez bien développée, nombreuses zones compactes ayant la même texture que la masse du sol. Le volume total des raies est supérieur à celui des zones intercalaires.
- I25-200 cm 7,5 YR 6,5 / 8 ; contraste nul, transition sur 10 cm, ocre rougeâtre assez homogène, texture sableuse légèrement argileuse ; structure massive, débit légèrement mamelonné, cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle réduite ;
- 200-205 cm Transition sur 20 cm ; graviers de quartz (moins de 1,5 cm) émoussés mais à forme irrégulière, emballage sableux ocre rougeâtre peu abondant.

Maximum de compacité au sommet du profil.

Enracinement : très peu abondant jusqu'à 15 cm

Les raies observées dans ce profil diffèrent de celles de la série de BELBEDJI, développées sur les dunes environnantes, par leur mode de formation ; si elles débutent également dans le troisième horizon (horizon B de couleur très peu accusé), elles disparaissent en profondeur pour passer à un horizon dont elles ont la couleur et la texture, légèrement plus argileuse que celle de la partie supérieure du profil. Ce type de raies, épaisses et enrichies en argile, passant à un horizon textural, s'observent généralement en ~~base~~ de chaîne dans la zone des sols ferrugineux peu lessivés il est alors attribuable au lessivage oblique (cf. profil NE 53 et NE 69 situés en bordure de la terrasse du goulbi de MARADI). Le même phénomène peut ici être mis en cause par suite de la position de mauvais drainage externe de ces sols, situés sur des ensablements peu épais (2 m pour ND 58), à modelé plan horizontal, et dominés à leur périphérie par des dunes.

Les autres caractères distinctifs de ces sols sont également liés au drainage limité, et se manifestent par une structure assez nettement développée (massive à débit polyédrique) ainsi que par la dureté et la compacité des horizons profonds.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs et la décroissance de la matière organique sont identiques à celles des sols de la série de BELBEDJI ; nous n'avons par contre observé aucun enrichissement relatif des raies.

Texture

La fraction sableuse du matériau présente un mode situé vers 0,16 mm ce qui le distingue assez nettement des sables des ergs anciens orientaux dont le mode est situé dans les sables grossiers. Cependant, le rapport sables fins / sables grossiers, n'étant pas constant dans le profil où il varie de 0,6 à 1,4 il est vraisemblable que ces sols sont polyphasés ; la forte striation des horizons supérieurs laisse supposer au moins un remaniement éolien superficiel.

Les teneurs en éléments fins sont assez élevées, et la somme des taux d'argile et de limon montre une nette variation verticale, passant de 6 % en surface à 17 % à 1,5 m. Les raies sont plus argileuses que le reste de l'horizon dans lequel elles se développent (12,5 % contre 6,5 %) sans que les taux de limon diffèrent notablement. Le rapport limon / argile croît de la surface (0,5) vers l'horizon profond le plus argileux (0,3). Ces données sont compatibles avec l'hypothèse d'un lessivage oblique ayant provoqué les variations texturales de ces sols.

Sesquioxydes :

Les variations verticales du taux de fer total sont faibles (8,7 % en surface, 10,8 % en profondeur) et nettement moins que proportionnelles à celles de la texture ; le maximum se situe dans les raies (11,8 %), la différence avec le matériau environnant étant de 3,5 %. Le rapport fer libre / Fer total est à peu près constant (0,75) sauf dans l'horizon profond où il est légèrement plus bas.

Complexe absorbant :

Le pH légèrement supérieur à 7 en surface, décroît en profondeur pour atteindre des valeurs de l'ordre de 5,5 dans l'horizon le plus argileux, où le taux de saturation est de l'ordre de 0,76. L'équilibre des bases est le suivant :

Surface : Ca = 10 ; Mg = 7 ; K = 1 ; Na = 0,16
 Profondeur : Ca = 13 ; Mg = 9 ; K = 1 ; Na = 2

Les variations verticales se résument à une augmentation relative du taux de sodium échangeable.

Fertilité chimique

Très pauvre en azote (0,11 ‰), ces sols sont relativement mieux pourvus en phosphore (0,54 ‰). La fertilité est un peu supérieure à celle des sols de la série de BELBEDJI, grâce à un complexe absorbant à capacité d'échange plus élevée (2 à 4 meq), mieux pourvu en bases (somme des bases échangeables variant de 2 à 3 meq)

Propriétés physiques :

La perméabilité est faible : 1 cm/h en surface, 0,5 cm/h en profondeur, la stabilité structurale, moyenne en surface décroît également lorsqu'augmente le taux d'argile.

c) Utilisation

Favorisés par une position topographique améliorant leur régime hydrique, ainsi que par une fertilité chimique un peu supérieure à celle des sols environnants, ces sols peuvent être mis en culture, culture limitée cependant, dans les conditions actuelles, à celle du mil penicillaire par suite de la faible pluviométrie. A cette pluviométrie réduite et irrégulière s'ajoute l'effet néfaste de l'imperméabilité qui peut entraîner un engorgement du sol pendant certaines périodes de la saison des pluies.

d) Extension

Elle coïncide avec celle de la série de BELBEDJI, limitée cependant aux zones basses et à certaines vallées (vallée d'AFAGAG).

B 2 - 7 - CONCLUSIONS SUR LES SOLS BRUN ROUGE TYPIQUES

Les sols brun rouge typiques présentent, avec les sols brun rouge peu différenciés des caractères communs qui définissent les sols brun rouge dans leur ensemble, et ont servi de critères distinctifs pour leur cartographie. Ces caractères sont analogues à ceux observés au NIGER Oriental, avec toutefois, pour certains d'entre eux, une plus grande variabilité ; ils sont d'ordre morphologique et analytique.

- Présence d'un horizon supérieur non décoloré, de teinte foncée, peu épais, passant vers 30 cm, à un horizon à rubéfaction maximum, rubéfaction dont l'intensité varie régionalement sans que l'on puisse actuellement en déceler les causes avec certitude, mais qui sont peut être liées aux conditions générales de drainage des formations sableuses.

- Propriétés analytiques, caractérisées par un complexe absorbant saturé ou proche de la saturation, et un pH voisin de la neutralité. Toutefois, les sols développés sur les formations sableuses occidentales (reposant sur le Continental Terminal Ct2) montrent dès la surface un net décalage vers l'acidité, qui s'accuse en profondeur.

	Sol brun rouge peu différenciés sur ergs récents		Sols brun rouge typiques sur ergs anciens	
	Orientaux	Occidentaux	Orientaux	Occidentaux
pH moyen en surface	6,7	6,4	6,6	6,2
" " ds le profil	6,8	5,4	6,2	5,3
" " ds le matériau	7,0	5,1	5,8	4,8

On remarquera que le décalage est maximum dans le matériau, où il correspond, pour les formations sableuses occidentales, à un taux de saturation particulièrement bas, et, par suite, à des réserves chimiques difficilement accessibles aux racines ; on peut admettre que, de ce fait, la remontée biologique des éléments minéraux est insuffisante pour amener les horizons supérieurs à saturation.

L'individualisation poussée des sesquioxydes de fer se traduit par un rapport fer libre / fer total élevé, en moyenne supérieur à 0,70, généralement maximum dans l'horizon rougi.

TABLEAU 7

RESUME DES PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SERIE DE
C H I N I E L G A

	Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u>			
en surface	0,29	0,22	0,25
vers 50 cm	0,21	0,14	0,17
dans le matériau	0,14	0,05	0,09
<u>C/N</u> en surface	8,9	7,2	8,1
<u>A + L</u> en surface	5,1	4,0	4,6
dans le profil	12,0	7,9	10,0
dans le matériau	10,5	4,8	7,7
<u>Fer total %</u> en surface	17,5	10,8	15
ds le profil	20,2	16,6	18,4
ds le matériau	18,7	17,3	18,2
<u>Rapport fer libre/fer total</u>			
en surface	0,80	0,73	0,76
dans le profil	0,86	0,75	0,80
dans le matériau	0,64	0,74	0,70
<u>pH</u> en surface	6,3	6,1	6,2
ds le profil	5,4	4,9	5,2
ds le matériau	5,1	4,6	4,8
<u>Somme de bases éch. en meq</u>			
en surface	1,67	0,72	1,16
dans le profil	1,01	0,73	0,84
dans le matériau	1,06	6,65	0,68
<u>Coefficient de saturation</u>			
en surface	0,93	0,51	0,72
dans le profil	0,59	0,32	0,44
dans le matériau	0,59	0,28	0,39

Les caractères propres aux sols brun rouge typiques traduisent une différenciation plus accentuée attribuable aux fluctuations climatiques subies par les formations sableuses anciennes avant la mise en place des ergs récents. Ce sont principalement :

- une épaisseur plus grande des profils dont les variations de couleur se poursuivent au delà de 2 m.
- une différenciation structurale se traduisant par des variations de porosité de débit et de cohésion, maximum dans l'horizon rougi.
- une teneur constante à la désaturation des horizons profonds
- une individualisation plus forte des hydroxydes, se traduisant analytiquement par un maximum plus constant et accentué du rapport fer libre / fer total dans l'horizon rougi.
- des variations verticales de la texture, dont l'importance, bien que toujours faible, varie selon la teneur en éléments fins du matériau (maximum pour la série de CHINIEUGA), mais dont la régularité nous permet de les attribuer à un léger lessivage.

La fertilité des sols brun rouge typiques n'est pas supérieure à celle des sols brun rouge peu différenciés, Ils semblent moins sensibles à l'érosion éolienne, mais restent fragiles et se dégradent rapidement sous culture ; leurs possibilités agricoles sont également limitées par leur répartition climatique (pluviométrie inférieure à 400 mm). Leur vocation actuelle est pastorale.

III - B 3 - SOLS BRUN ROUGE A CONCRETIONS SUR SABLES GROSSIERS ARGILEUX DES VALLEES SECHES (MAGGIA)

a) Morphologie

Le profil AD 28 a été observé 4 km au Nord de TAMASKE, dans un dépôt ancien de vallée, fortement découpé par des ravines. La végétation est à base d'Acacia senegal, A. Pubescens, A. Sénégal, plus denses dans les ravines.

- 0-30 cm Brun rouge très foncé, sablo-argileux avec oolithes, structure polyédrique en assemblage compact (2-3 cm) polyèdres à faces rugueuses, cohésion forte ; assez compact, rares pores tubulaires, calcaire dans la masse.
- 30-46 cm Brun rouge, foncé, petites taches ocreuses diffuses, parfois noires même texture, structure polyédrique en assemblage compact, cohésion moyenne ; porosité mixte (tubulaire et interstitielle) plus développée.

- 46-95 cm Brun à taches noires avec cortex brun rouge foncé, peu nombreuses ; plus sableux, structure polyédrique en assemblage compact (1 cm) cohésion forte ; compact.
- 95-135 cm Brun jaune à nombreuses taches manganésifères identiques à celles décrites ci-dessus, présence également de taches diffuses rouges ; sableux à sablo-argileux ; structure massive à débit polyédrique, cohésion forte ; même porosité.
- 135-190 cm Jaunâtre, les taches manganésifères disparaissent vers la base de l'horizon où ne subsistent que les taches rouges diffuses ; sableux ; structure massive, porosité tubulaire faible, irrégulièrement calcaire.

La morphologie du profil montre la superposition de plusieurs types de pédogénèse :

- une action d'hydromorphie de nappe dont l'intensité varie rapidement dans l'espace (de profondeur ou d'ensemble selon la situation du profil) ; elle se manifeste par la présence de taches ou de concrétions ferrugineuses et manganésifères ainsi que par une décoloration (jaunissement) des horizons profonds. Cette hydromorphie est ancienne, antérieure au ravinement qui entaille le dépôt sur toute son épaisseur et le draine parfaitement.

- une rubéfaction très intense accompagnée d'une nette différenciation structurale, postérieure à l'hydromorphie et formée vraisemblablement sous l'action d'une pédogénèse de type ferrugineux tropical, avec élimination par érosion des horizons lessivés plus fragiles que l'horizon d'accumulation.

- sur cet ensemble se développe actuellement un sol subaride à horizons supérieurs foncés et non décolorés.

L'origine du matériau est également complexe, résultant à la fois d'un alluvionnement à dominance sableuse (horizons profonds) et d'un colluvionnement hétérogène superposé ou juxtaposé au dépôt alluvial. Les ravines entaillant le dépôt montrent en effet la présence de lits de cailloux, discontinus et vraisemblablement orientés (nappes d'éboulis), composés de fragments de grès et de débris émoussés calcaires. Le calcaire de l'horizon de surface est d'origine détritique.

Lorsque le dépôt est situé au contact de l'éocène, les horizons profonds, marqués par l'hydromorphie, sont également imprégnés de calcaire. L'horizon profond du profil AC 59, de ce type, est décrit comme suit :

90-170 cm sables jaunes ; granulométrie hétérogène, calcaire en dépôts submicroscopiques cimentant les sables ; vers 150 cm, grosses concrétions manganésifères arrondies ($\phi = 2$ cm) ; structure massive à débit faiblement anguleux, cohésion moyenne ; assez tassé, porosité tubulaire fine médiocre.

Ce type d'accumulation est imputable à un apport par nappe, il est contemporain de la période hydromorphe qui a marqué ces profils. De tels phénomènes de dépôt par nappe ne se produisent plus sous le climat actuel, par suite du faible pouvoir dissolvant de l'eau vis-à-vis du calcaire (climat trop sec, et surtout trop chaud) ce faible pouvoir dissolvant est mis en évidence par l'absence de décarbonatation des sols se formant actuellement sur matériau calcaire (cf. régosols sur grès et calcaire de l'ADER DOUTCHI § II - A - I)

Dans les vallées peu creusées, ainsi que dans la vallée du RAFI qui drainait les vallées septentrionales de l'ADER DOUTCHI lorsqu'elles étaient actives, on observe des sols à profil plus homogène, à action d'hydromorphie moins marquée. Le profil NG 56, situé dans la vallée du RAFI à 3 km au NE de KARSABOU en donne un exemple.

Surface : sables déliés brun jaune ; rejets brun rouge

- 0-12 cm 7,5 YR 5/6 ; brun ; des remplissages plus rouges ; sableux ; quelques oolithes, granulométrie étalée ; massif, débit légèrement irrégulier ; cohésion moyenne à faible, porosité bien développée, contraste moyen.
- 12-25 cm 5 YR 4,5/8 ; brun rouge ; même texture et structure ; débit plus irrégulier, cohésion plus faible ; porosité un peu moins fine. Contraste moyen, transition sur 10 cm
- 25-80 cm 5 YR 4,5/8 ; (plus rouge) ; même texture, structure et porosité.
- 80-115 cm Horizon de transition, passe du brun rouge au brun jaune ; même texture ; débit plus régulier ; cohésion très faible.
- 115-180 cm 7,5 YR 5,5/8 ; brun jaune ; même sables, mais avec des petits graviers de grès violacés (probablement concrétions) ; massif, débit très régulier, cohésion très faible ; porosité fine bien développée. Contraste nul, transition sur 10 cm.

180-200 cm Dans le même horizon que c -dessus, présence de concrétions ferrugineuses : centre noirâtre cortex rouge violacé ; assez tendres ; forme mamelonnée ou tubulaire à grand axe vertical.

Le profil est celui d'un sol brun rouge très rubéfié. Les manifestations d'hydromorphie (décoloration et concrétionnement) sont limitées à l'horizon profond.

c) Propriétés analytiques

Nous distinguerons deux ensembles à propriétés analytiques différentes

a) sols à profil calcaire ou saturé par le calcium :

Ils sont situés dans les vallées très creusées de l'ADER DOUTCHI entaillant l'éocène, leurs profils sont voisins de AD 28 et AC 59.

Les teneurs en matière organique sont moyennes à faibles (0,47 %) avec un C/N d'autant plus élevé que le pH est alcalin, et, par suite, le profil plus riche en calcaire.

pH	C/N
7	8 à 9,5
7,6	I3 à I4
8,2	I5,7

La texture est sableuse à sablo-argileuse, les taux d'éléments fins décroissent généralement de la surface vers la base du profil. La granulométrie des sables est à dominance de sables grossiers.

Le taux de fer total varie avec celui d'argile, il est cependant relativement plus élevé en surface ; le rapport fer libre / fer total présente des variations irrégulières, avec toutefois un maximum fréquent dans le premier horizon. Ces données sont compatibles avec l'hypothèse émise lors de l'étude morphologique et assimilant le matériau à un ancien sol ferrugineux décapé jusqu'à l'horizon illuvial.

Le complexe absorbant est saturé par le calcium toujours en excès. Les teneurs en calcium échangeable ne sont pas mentionnées car l'analyse donne le total Ca échangeable + Ca des sels de calcium (carbonate & sulfate)

.... dissous par la solution d'extraction. L'équilibre des bases montre, en dehors de l'excès de calcium, une carence fréquente en potassium ; l'ordre de décroissance est le suivant :

Ca ; Mg ; Na ; K

La stabilité structurale est médiocre malgré l'abondance du calcium ; la perméabilité est faible, de l'ordre de 2 cm/h.

La fertilité chimique est moyenne ; pauvre en azote (0,15 à 0,3 ‰), ces sols sont très bien pourvus en phosphore.

b) sols non saturés :

Ils correspondent principalement aux sols des vallées peu creusées de l'ADER DOUTCHI, et de la vallée du RAFI.

Ils sont plus pauvres en matière organique que les précédents (0,32 %) avec un C/N voisin de 10.

Les variations texturales sont plus constantes et montrent un net appauvrissement superficiel en éléments fins.

Le pH est assez acide, inférieur à 6 en surface, il décroît légèrement vers la base du profil. L'équilibre des bases est celui très généralement observé dans les sols bien drainés, les teneurs relatives moyennes sont les suivantes :

Ca = 35 ; Mg = 18 ; K = 1 ; Na = 0,6

La fertilité chimique est basse malgré de bonnes teneurs en phosphore.

c) Utilisation

Les sols de la première catégorie ne sont pas cultivés car extrêmement érodés ; ils sont très disséqués par les ravines et leur morphologie prend fréquemment un aspect de bad-land.

Les sols des vallées peu creusées de l'ADER DOUTCHI, sont cultivés en mil et sorgho, cultures qui correspondent à leur vocation naturelle. La vallée du RAFI est par contre pratiquement inculte, exclusion qui ne semble pas justifiée car les sols y présentent une fertilité au moins

... égale à celle des sols actuellement cultivés dans cette région et uniquement situés sur les ergs bordant la vallée. La raison de cet abandon est probablement liée à la densité de la végétation qui s'y développe, difficilement contrôlable par le cultivateur.

TABLEAU 8

PRINCIPALES DONNÉES ANALYTIQUES DES SOLS BRUN ROUGE A CONCRETIONS

		Sols à profil calcaire ou saturé par le calcium			Sols à profil non saturé		
		Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u>							
C/N	en surface	0,53	0,38	0,47	0,36	0,28	0,32
N %	en surface	15,7	8,4	12,2	11,4	7,2	9,2
P ₂ O ₅	en surface	0,31	0,14	0,24	0,29	0,14	0,21
	en surface	4,17	0,82	2,66	1,95	0,77	1,2
<u>A + L %</u>							
	en surface	26	4,5	15	21	6	10,1
	ds le profil	17,8	5,5	12,1	26,5	10,6	17,5
	ds le matériau	10,5	8,5	9,6	30,5	7,8	20,4
<u>Fer libre %</u>							
	en surface	128	18	66	72	26,8	39,6
	ds le profil	128,3	14,7	53,2	47,3	32,6	40
	ds le matér.	45,1	14,7	25,9	52,5	32	39
<u>Fer libre / fer total</u>							
	en surface	0,97	0,73	0,89	0,93	0,73	0,83
	ds le profil	0,87	0,71	0,77	0,88	0,79	0,83
	ds le matériau	0,91	0,79	0,84	0,92	0,81	0,84
<u>pH</u>							
	en surface	8,2	7,6	7,8	6,1	5,4	5,7
	ds le profil	8,6	7,6	8	5,4	5,2	5,3
	ds le matériau	8,5	7,1	7,7	5,5	5,2	5,4
<u>Capacité d'échange meq</u>							
	en surface	12,5	4,3	7,9	6,2	1,9	3,6
	ds le profil	9,8	3,6	6,5	9,3	1,6	5,1
	ds le matériau	4,9	4,0	4,5	10,9	1,8	6,2
<u>Coefficient de saturation</u>							
	en surface	1	1	1	0,79	0,56	0,69
	ds le profil	1	1	1	0,61	0,33	0,53
	ds le matériau	1	1	1	0,77	0,30	0,60

		sols à profil non saturé		
		Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Equilibre des bases</u>		:	:	:
Ca+Mg/K+Na	en surface	20	7	15
	profondeur	38	6	25
Ca/Mg	en surface	5,5	1	2,4
	en profondeur	4,5	1	2,7
K/Na	en surface	3,3	1	2
	en profondeur	1	0,3	0,7

III - B - 4 - SOLS BRUN ROUGE A MARBRURES SUR SABLES GROSSIERS DES VALLEES SECHES (MAGGIA) REMANIES PAR LE VENT

a) Morphologie

Le profil AD 22 est situé 1,5 Km au SE de TAMASKE, sur un dépôt sableux de vallée, à modelé éolien peu accusé. Le sol est cultivé en mil pénicillaire ; la végétation ligneuse est composée d'Acacia tortilis, Bauhinia rufescens, Zizyphus mucronate

Aspect superficiel : sables déliés sur 5 cm

- 0-9 cm brun ocre ; sableux avec oolithes ; structure massive légèrement feuilletée, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle fine moyennement développée.
- 9-35 cm Brun rouge ; plages plus rougies (< 1 cm) très nettes ; sableux, structure à tendance polyédrique (1 - 2 cm) présence d'agrégats durcis, cohésion moyenne ; très poreux (porosité interstitielle) fin chevelu racinaire.
- 30-105 cm Plus clair et moins rouge ; mêmes plages rougies, moins nombreuses ; sableux , structure massive à débit polyédrique, cohésion plus forte ; porosité tubulaire fine bien développée
- 105 ... cm Ocre brun ; sableux ; structure massive à débit plus régulier ; plus compact.

La particularité morphologique de ces sols réside dans la présence de marbrures traduisant une certaine mobilité des hydroxydes, ainsi que dans la structuration assez accentuée des horizons rougis, qui se manifeste par la présence constante d'agrégats durcis, à cimentation vraisemblablement ferrugineuse. Ces caractères sont attribuables à un léger engorgement temporaire

..... qui n'existe plus de nos jours dans les sites bien drainés. Par contre, lorsque le drainage externe est réduit, par suite de la position topographique du profil, il se manifeste en profondeur une hydromorphie temporaire actuelle se traduisant par la présence de concrétions ferrugineuses ou manganésifères, ou par la décoloration des horizons profonds.

b) Propriétés analytiques

Les taux de matière organique sont faibles, analogues à ceux des sols bruns rouge sur ergs anciens ; le C/N est inférieur à 10

La texture est sableuse, rarement sablo-argileuse ; le taux d'éléments fins présente toujours un minimum en surface, le maximum se situant dans le profil, parfois dans le matériau

Le fer total et le rapport fer libre / fer total montrent un léger maximum dans l'horizon rougi.

Le pH est assez acide, de l'ordre de 6 en surface, il décroît légèrement vers la base du profil ; lorsqu'une hydromorphie actuelle de profondeur se manifeste, elle s'accompagne généralement d'une remontée du pH due à la saturation du complexe par le calcium.

L'équilibre le plus fréquent des bases échangeables est le suivant :

Ca = 55 ; Mg = 30 ; K = 1 ; Na = 3

On notera la faible teneur relative en potassium dont les teneurs absolues sont fréquemment inférieures à 0,03 meq, traduisant une nette carence en cet élément.

La fertilité chimique est basse, l'équilibre azote-phosphore est en faveur de ce dernier (N = 0,17 ; P₂O₅ = 0,31 %)

c) Utilisation

Ces sols sont cultivés de façon presque ininterrompue, le pourcentage des surfaces en jachère est faible. L'intérêt porté par le cultivateur à ces sols n'est pas dû à leur fertilité chimique qui est faible et ne peut que décroître par suite de leur utilisation intensive sans apports fertilisants, mais à leur meilleure alimentation en eau consécutive à leur position géomorphologique (fond de vallée) ; ils semblent également bien résister à l'érosion éolienne et hydrique. Ils constituent l'essentiel des terres à mil des vallées de l'ADER DOUÏCHI.

	Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Somme des bases éch. meq</u>			
en surface	2,33	1,14	1,83
ds le profil	3,81	1,59	2,38
ds le matériau	5,03	0,96	2,34
	(hydromorphie de profond.)		
<u>Coefficient de saturation</u>			
en surface	0,92	0,54	0,75
ds le profil	0,85	0,63	0,73
ds le matériau	1	0,68	0,82
	(hydromorphie de profond)		
<u>Equilibre des bases</u>			
Ca+Mg/K+Na			
en surface	25	12	18
profondeur	34	15	26
Ca/Mg			
en surface	2,7	1,1	1,9
profondeur	2,5	1,4	1,9
K/Na			
en surface	2,5	0,4	1
profondeur	1,2	0,2	0,6

III B - 5 - LES SOLS BRUN ROUGE DURCIS DE GLACIS

Les sols brun rouge durcis de glaciis constituent une unité regroupant les sols développés sur les surfaces de ruissellement (glaciis ou pédiments) formés sur matériau peu perméable en zone subaride. Les facteurs pédogénétiques contribuant à leur formation sont d'ordre climatique et lithologique. Les pluies violentes et concentrées en une courte saison humide, alliées à la perméabilité réduite du matériau, favorisent une érosion intense que ne freine pas la végétation très peu développée par suite de l'aridité du climat ; cette érosion entraîne la formation de glaciis sur lesquels transitent les éléments transportés par l'eau.

Les profils sont généralement constitués par un empilement de colluvions d'épaisseur et de texture variable, reposant sur un niveau pédologique ancien, horizon B d'accumulation argileuse ou niveau d'altération vertisolique selon la nature du substrat ; ils sont caractérisés par la succession d'un horizon compact, durci par l'action conjuguée de l'érosion hydrique et éolienne, passant à un horizon rougi à forte individualisation des hydroxydes, liée au mode d'humectation de ces sols.

Les sols sur grès et argiles sédimentaires du DAMERCOU ferment au NIGER Central, l'auréole entourant le massif du DAMERCOU ; ils ont été étudiés dans l'Etude Pédologique du NIGER Oriental (T. II. p. 154)

B 5 - I - Famille sur placages colluviaux sablo-argileux sur roq
résiduel

a) Morphologie

Le profil ND 73 est situé à 5 km au NO de GARARE, sur une surface plane parsemée de petites buttes plus sableuses. La végétation est composée d'une formation arbustive contractée à *Commiphora africana*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Boscia senegalensis*, *Euphorbia balsamifera* ; le tapis est maigre, à base de *Panicum sp.*, *Schoenfeldia gracilis*, *Andropogon pulchellum*.

Surface : encroûtée, petites termitières avec cônes décapés

- 0-30 cm IO YR 6,5/3 ; réticulum grisâtre, peu visible mais assez développé de plus en plus ocre vers la base, nombreuses stries ondulées ; texture sableuse moyennement hétérogène ; structure massive, débit mamelonné, cohésion faible ; porosité interstitielle (0,25 mm) bien développée au sommet, plus grossière vers la base ; horizon compact sur les 5 premiers cm
- 30-55 cm 7,5 YR 5,5/5 ; contraste fort, transition sur 20 cm ; ocre couleur assez homogène ; texture très sableuse, hétérogène ; structure massive, débit polyédrique (2 à 3 cm), cohésion forte, nombreux agrégats durcis ; porosité semi-tubulaire (0,5 mm) horizon dur
- 55-90 cm 5 YR 4,5/6 ; contraste faible, transition sur 5 cm ; ocre rougeâtre ; texture sablo-argileuse ; structure polyédrique (1 à 2 cm) ; assemblage excessivement compact, cohésion forte ; porosité tubulaire grossière (0,5 mm à 1 mm) assez bien développée mais présence de surfaces lisses compactées (0,5 cm²) horizon très dur.
- 90-125 cm 5 YR 5,5/6 ; contraste très faible ; transition sur 20 cm ; un peu plus clair et plus rouge, hétérogène ; remplissages noirs et organiques, zones à mouchetures blanches, texture nettement plus argileuse, grains de quartz de plus en plus nombreux vers la base du profil ; structure polyédrique large (5 cm) en assemblage excessivement compact avec faces rugueuses néanmoins lissées sur de très petites surfaces, cohésion très forte à excessive porosité tubulaire grossière ($\phi = 1 \text{ mm} - 6 \text{ pores au cm}^2$) nettement colmaté ; horizon très dur.
- 125-150 cm Contraste moyen, transition sur 10 cm ; teinte très hétérogène ; fond ocre rougeâtre envahi d'un réticulum brun jaune clair, parsemé de nombreuses trainées noires organiques ; même texture, structure polyédrique (1 cm²) à faces rugueuses cohésion moyenne à forte, assemblage compact, perturbé par de nombreux canaux ($\phi 2 \text{ cm}$) nids, terriers ; porosité des agrégats nulles ; horizon de dureté moyenne, faible.

- I50-I75 cm Entre IO YR 6/3 et 7,5 YR 5,5/6 ; contraste faible, transition sur 5 cm, teinte générale brun ocre, très hétérogène, fond brun jaune à plages ocre rouge très diffuses, infiltrations grises plus uniformes et moins contrastées ; texture argilo-sableuse à argileuse ; structure polyédrique assez fine (5 mm) assemblage à cohésion moyenne, horizon carbonaté avec concentration de pseudo-mycelium sous forme d'amas grisâtres, très friables ; canaux moins nombreux riches en graviers de quartz ; à la base présence de concrétions tendres (se coupant à l'ongle) - $\phi = 0,5$ cm - rouge vif (IO R 4/6), arrondies, sans cortex, à cohésion très forte, distance moyenne entre les concrétions 5 cm.
- I75-200 cm Transition sur 2 cm ; banc de graviers de quartz (ϕ 0,5 cm) émoussés, emballage ocre jaunâtre argilo-sableux à sables fins ; structure polyédrique, assemblage compact ; peu poreux. Sur les IO premiers cm noyaux ferruginisés en forme tubulaire (h = 6 cm - $\phi = 2$ cm) avec lumière centrale, ciment jaune vif, cortex brun jaune foncé ($e = 2$ à 3 mm) - plages rouge vif, orientées verticalement ; texture finement sableuse ; finement poreuses. Au-dessous emballage ferruginisé, rouge vif, taches verticales (4 cm sur 2) distantes entre elles de 5 cm ; cohésion très forte ; concrétions rouge brun, arrondies, mamelonnées (ϕ inférieur à 2 cm)

Enracinement : présence de quelques radicelles au sommet

Les caractères morphologiques propres aux sols de glacis sont ici peu marqué, bien que la surface fonctionne effectivement comme glacis d'érosion ; ils sont limités à la compaction superficielle et à la nature probablement polyphasée des horizons supérieurs, peu visible dans le profil mais confirmée par les variations verticales des rapports limon / argile et surtout sables fins / sables grossiers.

La rubéfaction est profonde (maximum à 70 cm) et peu accusée. Les horizons structurés sont assimilables au B d'un sol ferrugineux lessivé en argile avec début de ségrégation du fer (taches diffuses)

Les amas calcaires sont attribuables à une action de nappe carbonatée qui s'est manifestée de façon régionale à la périphérie du DAMERGOU, dont les formations crétacées constituent un réservoir de calcaire.

b) Propriétés analytiques

Ces sols sont pauvres en matière organique bien évoluée (C/N IO) les taux de surface sont analogues à ceux observés très généralement dans les sols brun rouge (0,30 %), mais la décroissance est plus rapide, due à la faible pénétration racinaire fortement limitée par la compaction du sol.

La texture sableuse en surface est liée à l'entraînement préférentiel des éléments fins par l'érosion hydrique, elle s'affine en profondeur où elle devient sablo-argileuse. Les rapports limon / argile et sables fins / sables grossiers varient verticalement de façon irrégulière.

Les taux de fer total varient proportionnellement à ceux d'argile ; le rapport fer libre / fer total, élevé dès la surface (0,70), reste sensiblement constant dans le profil.

Le pH est neutre dans l'ensemble du profil, légèrement alcalin dans les horizons à carbonate de calcium ; les bases échangeables s'élèvent à 2 - 3 meq en surface, 5 - 9 meq en profondeur. L'ordre de décroissance des cations est normal (Ca ; Mg ; K ; Na).

La fertilité chimique est basse les teneurs en azote et phosphore sont respectivement 0,20 et 0,12 ‰.

La perméabilité, minimum en surface (moins de $I_{cm/H}$), favorise le ruissellement.

c) Utilisation

Ces sols sont incultes parce que très érodés et de fertilité chimique réduite ; leur intérêt est de constituer des impluvium alimentant en eau les sols hydromorphes calcaires des dépôts argileux qui s'étendent au pied des glacis, ce qui doit permettre leur utilisation en culture de décrue.

d) Extension et cartographie

Ces sols forment la couverture pédologique des grès du Continental Hamadien et du Continental intercalaire à l'Ouest du DAMERGOU ainsi que dans le bassin amont du goulbi N'KABA ; leur extension est réduite, limitée aux surfaces dépourvues de couverture sableuse éolienne. Ils ont été cartographiés en association avec des sols hydromorphes calcaires sur argiles alluviales, localisés dans les zones d'épandage.

LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX
=====

IV - LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

=====

IV - A GENERALITES

Les sols ferrugineux tropicaux appartiennent à la classe des sols à sesquioxydes fortement individualisés et à humus de décomposition rapide, dont ils constituent l'une des trois sous-classes.

Ils sont caractérisés par une tendance prononcée à l'individualisation des sesquioxydes de fer et de manganèse, l'alumine restant combinée. Ces sesquioxydes peuvent migrer et se redistribuer dans le profil. Les sols ferrugineux se distinguent des sols ferrallitiques par une plus faible altération des minéraux, consécutive à une moindre pluviométrie.

Les sols ferrugineux tropicaux sont subdivisés en deux groupes selon l'action plus ou moins grande du lessivage de l'argile et des sesquioxydes sur la morphologie du profil :

- les sols ferrugineux tropicaux ~~non~~ peu lessivés, où le lessivage, quand il existe, n'est principalement décelable que par des variations de couleur.

- les sols ferrugineux tropicaux lessivés à horizons lessivés à teinte et structure caractéristique et horizon d'accumulation bien marqué.

IV - B - LES SOLS FERRUGINEUX NON OU PEU LESSIVES

=====

Les sols ferrugineux non ou peu lessivés sont subdivisés en deux sous-groupes selon que leurs horizons supérieurs sont ou non appauvris en hydroxydes de fer ; on distingue ainsi :

- les sols ferrugineux non lessivés ;
- les sols ferrugineux lessivés en fer

IV B - I - LES SOLS FERRUGINEUX NON LESSIVES

Morphologiquement ces sols se distinguent difficilement des sols subarides brun rouge par suite de l'absence de décoloration des horizons ;

..... supérieurs, critère qui nous a servi en partie à définir les sols brun rouge. Les caractères distinctifs sont essentiellement analytiques et se traduisent par une forte désaturation du complexe absorbant et un pH acide dans l'ensemble du profil. Leur répartition n'est pas zonale, mais semble plutôt liée à certains matériaux sableux ou sablo-argileux, dont la couverture pédologique présente une grande homogénéité.

B I - § I SOLS FERRUGINEUX NON LESSIVES TYPQUES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS ANCIENS

a) Morphologie

Le profil NH 4 a été observé 2 Km au Nord de TSERNAOUA, sur un ensablement à modelé plan, parsemé de buttes sableuses plus claires, sous une savane à *Combretum glutinosum*, *Bauhinia reticulata*, *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*.

Surface : culture en billons, quelques blocs de grès épars.

- 0-12 cm Entre 5 YR 4,5/4 et 7,5 YR 4,5/4 ; brun légèrement rouge foncé ; texture sableuse hétérogène, assez riche en sable fin, présence d'oolithes ; structure massive à débit régulier ; cohésion moyenne ; porosité fine assez bien développée.
- 12-25 cm 5 YR 4,5/6 ; contraste moyen, transition sur 5 cm ; brun plus rouge ; texture sableuse avec un peu d'argile, présence d'oolithes ; structure massive à débit irrégulier, cohésion irrégulière : moyenne parfois moyenne à forte ; porosité interstitielle à semi tubulaire nettement plus grossière, bien développée, petites zones compactes.
- 25-82 cm 5 YR 4,5/8 ; rouge brun plus clair ; même texture ; structure massive à débit presque régulier, cohésion faible à très faible horizon plus tendre que ci-dessus ; porosité nettement plus fine, interstitielle, bien développée.
- 82-130 cm Entre 7,5 YR 5/6 et 5 YR 4,5/6 (plus près de 7,5 YR) ; brun nettement moins rouge, très légèrement plus clair ; même texture avec oolithes ; structure massive à débit régulier, cohésion très faible sauf pour quelques rares anciens nids d'insectes à cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle, fine bien développée.

Niveau de fragments de grès

Enracinement : Assez abondant, visible jusqu'à 120 cm, assez uniformément réparti.

La rubéfaction du profil est intense et se manifeste dès la surface, elle est maximum dans le troisième horizon. La différenciation structurale est appréciable, maximum dans le deuxième horizon.

On remarquera que le profil ne se distingue pas de celui d'un sol brun rouge, dont il présente les horizons supérieurs foncés ~~et~~^{non} décolorés et l'horizon à rubéfaction maximum proche de la surface (25 cm)

L'épaisseur du profil est très variable, étant généralement limitée par celle de l'ensablement, qui peut se réduire à un simple voile de 10 à 30 cm d'épaisseur (profil NF 8 sur fiche), constitué alors d'un mélange de sables éoliens et de produits d'altération fins de grès ferrugineux sous-jacents. Son épaisseur dépasse plus rarement 2 m, la valeur la plus fréquente étant de l'ordre de 1,5 m.

Il paraît évident qu'au cours des périodes humides qui ont suivi la mise en place des ergs anciens, ces formations sableuses n'ont pu que subir un lessivage du fer et probablement de l'argile, phénomène que l'on retrouve très généralement dans les profils sur formations sableuses anciennes même en zone subaride. Dans cette hypothèse, les horizons lessivés auraient été décapés lors de la seconde grande période aride, et auraient contribué à la formation des ensablements récents qui alternent particulièrement dans la moitié Nord du plateau de l'ADER DOUTCHI, avec la couverture sableuse ancienne ; son modelé aplani et sa faible épaisseur évoque d'ailleurs l'aspect de surfaces de déflation. Les sols de cette série se développeraient donc sur d'anciens horizons illuviaux.

Restent toutefois inexplicables l'extension climatique de ces sols et l'absence de lessivage actuel du fer sous des pluviométries de l'ordre de 600 mm.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont moyens à faibles le C/N de l'ordre de 10. La décroissance est rapide sur les 30 premiers cm puis devient ensuite plus progressive.

Texture :

La texture est sableuse, parfois sableuse à sablo-argileuse dans les horizons profonds. Les variations verticales sont de plusieurs types :

Dans les sols d'épaisseur moyenne (1 m à 1,5 m) on observe généralement un appauvrissement superficiel en éléments fins sur une dizaine de cm dû à des remaniements superficiels ; la texture est ensuite constante (A + L = 10 à 15 %)

Dans les sols peu épais, la base du profil est fréquemment enrichie en éléments fins au contact du substrat, par suite du mélange avec les produits d'altération des grès

Lorsque le sol est épais, les variations verticales sont plus progressives et s'apparentent à celles provoquées par le lessivage. Elles constituent vraisemblablement la trace des processus de pédogénèse anciens évoqués dans l'étude morphologique et leur persistance serait due à une troncature moins poussée lors des périodes de déflation.

Sesquioxydes :

Les variations des taux de fer total dans le profil confirment l'absence de lessivage en cet élément ; ils sont fréquemment maximum en surface. Le fer libre suit les mêmes variations, avec toutefois un léger maximum relatif fréquent dans le deuxième horizon. Le rapport fer libre / fer total est toujours élevé, supérieur à 0,80, il varie peu dans le profil diminuant cependant en profondeur, sauf lorsqu'il y a mélange avec des produits d'altération de grès ferrugineux.

Complexe absorbant

Ces sols sont assez nettement désaturés sauf dans certains horizons profonds où se manifeste une légère hydromorphie temporaire, consécutive à un drainage externe réduit. Le coefficient de saturation décroît vers

... la base du profil où il atteint fréquemment des valeurs inférieures à 0,50. Il est remarquable que cette désaturation ne varie pas, même pour les horizons de surface, avec la pluviométrie, et que l'on observe des pH de surface de 5,5 sous moins de 400 mm de pluie ; ce caractère est vraisemblablement également hérité de la pédogénèse ancienne.

L'équilibre des bases, normal en surface, montre un déficit relatif en potassium en profondeur.

Fertilité chimique

Ces sols sont bien pourvus en phosphore, la teneur moyenne est de 0,90 ‰ ; ils sont par contre pauvres en azote (0,24 ‰). La fertilité chimique est moyenne.

Propriétés physiques

L'augmentation de la perméabilité (test de percolation) vers la base du profil (de 2 cm/h en surface à 4 - 5 cm/h vers 1m), en même temps qu'augmente légèrement le taux d'argile, démontre l'existence d'une notable agrégation dans les horizons profonds ; ces agrégats sont cependant fragiles et ne résistent pas au tamisage sous l'eau, ce qui se traduit par une instabilité structurale croissant avec la profondeur. La perméabilité de ces sols demeure cependant un élément favorable au développement racinaire. Malgré des teneurs appréciables en éléments fins (10 à 15 ‰), la quantité d'eau ~~est~~ est assez faible (moins de 1,5 ‰), ce qui, allié au manque d'épaisseur fréquent, limite fortement les réserves hydriques.

c) Utilisation

Ces sols sont cultivés en mil penicillaire et parfois en sorgho, cette dernière culture est favorisée lorsque la texture des horizons profonds est suffisamment argileuse (15 à 20 ‰). Au Sud de la latitude d'ILLELA, la pluviométrie devient suffisante pour la culture de l'arachide ; les propriétés physiques lui sont favorables (texture sableuse de l'horizon de surface, perméabilité d'ensemble bonne) ; le principal facteur limitant est le manque d'épaisseur fréquent du sol qui limite les réserves en eau.

d) Répartition et cartographie

Ces sols sont associés à la couverture sableuse ancienne du plateau de l'ADER DOUTCHI que l'on reconnaît facilement à son modelé très aplani et à son aspect superficiel à sables déliés très rouges. Leur extension en latitude est considérable, puisqu'elle va de TAHOUA à TSERNAOUA, ce qui correspond à une variation pluviométrique de plus de 220 mm, sans pour autant que l'on observe de variation morphologique ou analytique significative. Ces sols n'ont pu être cartographiés isolément qu'à l'Est et au Nord Est de TSERNAOUA, dans une zone où ils sont largement dominants ; ailleurs ils entrent dans deux associations, l'une à sols brun rouge peu évolués sur formation sableuse récente, l'autre à sols ferrugineux lessivés sur matériau argilo-sableux issu des grès ferrugineux du Ct_I.

Par suite de leur grande analogie morphologique avec les sols brun rouge, ces sols ont été cartographiés en sols brun rouge sur sables éoliens dans l'étude pédologique de l'ADER DOUTCHI ; leurs propriétés analytiques beaucoup plus proches de celles des sols ferrugineux nous a amenés à les classer dans ce groupe.

TABLEAU IO

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS FERRUGINEUX NON LESSIVES TYPIQUES

		Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u>	en surface	0,59	0,19	0,42
	vers 50 cm	0,38	0,15	0,25
	à la base du profil	0,14	0,12	0,13
<u>C/N</u>	en surface	11,3	9,4	10,2
	vers 50 cm	9,6	7,5	8,8
	à la base du profil	8,8	6,7	7,5
<u>A + L %</u>	en surface	12	8,2	10,2§
	ds le profil	16,2	11,5	13,2
	à la base du profil	20,6	13,5	16,8
<u>Fer libre %</u>	en surface	62,1	18,3	44
	ds le profil	59,0	19,0	42
	à la base du profil	46,3	18,8	37
<u>Fer libre / fer total</u>	en surface	0,90	0,81	0,87
	ds le profil	0,91	0,81	0,88
	à la base du profil	0,81	0,77	0,79
<u>pH</u>	en surface	6,2	5,3	5,7
	ds le profil	6,0	5,3	5,6
	à la base du profil	5,5	5,3	5,4
<u>Somme des bases échangeables meq</u>	en surface	2,03	1,74	1,88
	ds le profil	1,97	1,29	1,55
	à la base du profil	1,20	1,13	1,15
<u>Coefficient de saturation</u>	en surface	0,83	0,57	0,71
	ds le profil	0,70	0,35	0,53
	à la base du profil	0,54	0,33	0,45
<u>Equilibre des bases</u>				
Ca + Mg/Na+K	surface	11	4	6,9
	profondeur	21	5,6	13,1
Ca/Mg	surface	1,6	1	1,2
	profondeur	2,5	1,8	2,3
K/Na	surface	9	2	4
	profondeur	0,6	0,25	0,4

B I - 2 - SOLS FERRUGINEUX NON LESSIVES A MARBRURES SUR SABLES ARGILEUX

a) Morphologie

Le profil NE I7 a été observé à 4 km au Sud-Est du carrefour de la route de BANGUI avec celle de NIAMEY. Il est situé sur un long versant à faible pente, recouvert de buttes sableuses rouges soumises à une érosion en nappe ravinante et en ravines assez intense. La végétation est constituée par une formation ~~arbustive~~ à Acacia (A. Senegal, A. Seyal, A. Pubescens), Combretum micranthum, Boscia senegalensis. Le tapis est très clairsemé, essentiellement composé de Pennisetum pedicellatum.

Surface : sables déliés rougeâtres alternant avec des zones décapées.

- 0-9 cm 7,5 YR 6/5 ; sous les sables déliés apparait une ~~croûte~~ croûte fine et régulièrement litée, épaisse de 1cm, légèrement ondulée, sableuse brun légèrement ocre avec quelques rares remplissages ocres ; texture sableuse à sablo-argileuse à sables fins, hétérogène ; structure massive, débit faiblement mamelonné, cohésion moyenne ; porosité interstitielle fine et faible.
- 9-27 cm 5 YR 4,5/6 ; contraste moyen, transition sur 4 cm ; brun ocre ; hétérogène ; quelques zones plus ocres à faible contraste, diffuse - deux raies ocre rouge (e = 1 cm - d = 5 à 10 cm) à contraste moyen ; même texture, structure massive, faces mamelonnées, cohésion moyenne ; sauf dans les raies, porosité interstitielle assez peu développée.
- 27-75 cm 5 YR 5/6 ; contraste faible ; transition floue ; ocre, hétérogène mêmes raies que ci-dessus ; texture sablo-argileuse ; structure massive, débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle fine, assez peu développée
- 75-110 cm 7,5 YR 5,5/6 ; ocre rouge, hétérogène ; parsemé de taches blanches à beiges, de forme irrégulière, très abondantes. quelques taches ocres, texture sablo-argileuse à argilo-sableuse, structure massive, débit irrégulier, cohésion forte ; porosité tubulaire faible horizon assez dur.

110-170 cm IO YR 7/2 ; dans cet horizon, la teinte blanche domine, progressivement par rapport à la teinte ocre, on observe de plus abondantes taches ocre rouille (2,5 YR 5/8) ; texture argilo-sableuse à argileuse ; structure polyédrique assez large (2 à 4 cm) ; cohésion excessive , porosité tubulaire très faible ; horizon très dur.

Enracinement : maximum sur les 40 premiers cm, s'arrête à partir de l'horizon taché

On notera la similitude morphologique des horizons supérieurs avec ceux des sols brun rouge : un horizon humifère brun assez foncé, non décoloré, passant vers 25 cm à un horizon rougi ; ceci traduit l'absence de lessivage en fer, que confirme d'ailleurs l'analyse. L'érosion, dont les manifestations actuelles sont ici bien visibles, semble être encore à l'origine du phénomène, par décapage des horizons supérieurs.

Les variations verticales de la texture peuvent être attribuées à un lessivage résultant d'une pédogénèse ancienne ou, plus vraisemblablement à un triage lors de la mise en place du matériau ; en effet, on observe une richesse croissante en sables fins vers la base du profil, ce qui montre que l'on a affaire à des placages de sables argileux issus des grès maestrichtiens sous-jacents, ou des grès du Continental Terminal dont il reste des témoins dans cette région (tous deux à dominance de sables fins), et que le remaniement éolien qui a donné naissance au modelé en buttes actuel a trié préférentiellement les éléments sableux moyens qui dominent dans les horizons supérieurs. Par ailleurs, nous n'avons pas observé les microstructures qui accompagnent toujours les phénomènes de lessivage correspondant à de telles variations texturales (films argileux, pores à enduits d'éléments fins).

En même temps que la texture s'alourdit, apparaissent des traces d'hydromorphie, de plus en plus nettes vers la base du profil, consécutives à la réduction de la porosité ; parallèlement, la structure passe de massive à polyédrique large, et la cohésion s'accroît.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles, elles décroissent très progressivement jusqu'à 50 cm et se stabilisent ensuite jusqu'à 2 m ; les résultants analytiques moyens sont les suivants.

0 - 10 cm	0,29 %
15 - 25 cm	0,24 %
40 - 50 cm	0,17 %
90 - 100 cm	0,17 %
180 - 200 cm	0,16 %

Le rapport C/N est remarquablement bas : 8 en surface, 4 à 5 en profondeur.

Texture

Les teneurs en éléments fins croissent avec la profondeur, avec fréquemment une transition brutale entre les horizons supérieurs à dominance sableuse et les horizons profonds plus argileux. La somme argile + Limon varie de 7 à 15 % en surface et de 25 à 40 % en profondeur. Le rapport limon/argile reste à peu près constant dans le profil, il varie de 0,1 à 0,7 d'un profil à l'autre. Le rapport sables fins / sables grossiers croît de 0,8 en surface à 2 vers 2 m confirmant l'hétérogénéité du matériau.

Sesquioxydes :

Le taux de fer total augmente en même temps que celui d'argile, mais le rapport fer total / argile diminue de la surface vers les horizons profonds. Le rapport fer libre / fer total, sensiblement constant dans le profil, montre l'absence de lessivage en cet élément.

Complexe absorbant :

Le pH est acide, inférieur à 6 dès la surface, il décroît avec la profondeur pour atteindre des valeurs de l'ordre de 4. L'équilibre des bases montre une déficience en calcium et en potassium, les valeurs relatives moyennes sont les suivantes :

Ca = 15 ; Mg = 11 ; K = 1 ; Na = 1,2

Fertilité chimique

Elle est très basse, à de faibles teneurs en azote et phosphore (respectivement 0,25 et 0,35 %) s'ajoute la pauvreté du complexe absorbant en éléments échangeables.

Propriétés physiques

La perméabilité et la stabilité structurale, moyennes en surface, diminuent rapidement en profondeur, lorsque le taux d'argile augmente.

c) Utilisation

Ces sols sont peu cultivés ; bien que situés dans une région à pluviométrie suffisante (5 à 600 mm) leurs possibilités agricoles sont fortement limitées par leur fertilité réduite et leur sensibilité à l'érosion hydrique. Ils peuvent porter des cultures de mil et de sorgho, mais qui ne donneront que de faibles rendements en culture traditionnelle.

d) Extension

La zone d'extension de ces sols est située à la pointe Sud de l'interfluve entre le goulbi N'KABA et la vallée de TARKA. Ils sont situés sur des ensablements qui recouvrent les glacis taillés dans les grès mass-trichtiens. Ils sont fréquemment associés à des sols tirsifiés ou verticeoliques qui se développent en bas de pente ; ces derniers n'ont été cartographiés que lorsqu'ils constituent des surfaces représentables à l'échelle de la carte.

IV - B2 - LES SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés en fer (ou sols ferrugineux peu lessivés) ont été observés exclusivement sur des matériaux sableux ou à sables faiblement argileux. Ils sont caractérisés par l'existence d'horizons supérieurs nettement décolorés, auxquels fait suite un horizon à coloration maximum, généralement rougi ; ces variations de couleur s'accompagnent de modifications nettes des teneurs en sesquioxydes, faibles ou nulles de la texture.

Les sols ferrugineux lessivés en fer se distinguent des sols brun rouge par la décoloration superficielle des profils, ainsi que par l'épaisseur plus grande des horizons supérieurs.

Leur principale extension coïncide avec celle de la couverture gôlôenne, sur laquelle, comme pour les sols brun rouge, on distingue deux ensembles qui diffèrent par le degré de différenciation des profils :

- sur les ergs récents, on observe des sols dont la morphologie est définie par des variations de couleur, sans qu'apparaisse d'horizon à structure appréciable. Cette faible différenciation est attribuable à la jeunesse du matériau. Cependant, leur localisation géographique dans la zone de transition entre les domaines subarides et ferrugineux (pluviométrie comprise entre 400 et 500 mm) en fait également une unité de passage des sols brun rouge aux sols ferrugineux lessivés en fer. Ces sols sont équivalents aux sols peu évolués intergrades vers les sols ferrugineux peu lessivés du NIGER Oriental.

- sur les ergs anciens, les sols présentent des caractères morphologiques plus accusés, consistant principalement en une décoloration plus nette des horizons supérieurs, et l'existence d'une différenciation structurale, limitée cependant à des variations de porosité, de débit et de cohésion.

Certains matériaux sablo-argileux portent également des sols dont la morphologie est voisine de celle des sols sur sables éoliens, mais où les phénomènes de lessivage sont plus accentués, déterminant la formation d'un horizon illuvial nettement enrichi en argile et à macrostructure différenciée ; ces caractères ne sont toutefois pas suffisamment nets pour que l'on classe ces sols dans les sols ferrugineux lessivés, dont ils constituent cependant des termes de passage.

B 2 - I - SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER PEU DIFFERENCIÉS SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS RECENTS

B 2 - II SÉRIES DE GARAGOUNZA ET DE KORNAKA

Ces deux séries sont étudiées simultanément, car, si elles diffèrent morphologiquement, en particulier par le degré de rubéfaction du profil, elles ont des propriétés analytiques et agronomiques sensiblement identiques. Par ailleurs, sur la plus grande partie de leur aire d'extension, elles n'ont pu être dissociées et sont cartographiées en association.

a) Morphologie

Série de GARAGOUNZA à profil rubéfié :

Le profil ND 31 a été observé sur le replat sommital d'une dune, dans l'erg bordant la rive gauche du goulbi de GAZAOUA, à 15 Km au SO de TESSAOUA. La végétation est une savane faiblement arborée à Terminalie avicennoides, Combretum glutinosum, Faïdherbia albida, tapis à Aristida longiflora.

Surface : sables déliés sur 5 cm

- 0-12 cm 7,5 YR 5/5 ; brun homogène ; texture sableuse, sables bien calibrés, structure à tendance feuilletée (0,5 à 3 cm au sommet) parfois nuciforme (touradon) entre les touffes et vers la profondeur structure massive à débit régulier, cohésion faible, structure presque particulière, porosité d'assemblage de grains.
- I2-40 cm 7,5 YR 5/6 ; contraste faible, transition sur 10 cm, brun rougeâtre avec remplissages de sables blancs ; même texture ; structure massive, débit très légèrement mamelonné, cohésion faible à moyenne ; porosité d'assemblage de grains ; cet horizon semble très légèrement humifère.
- 40-65 cm 5 YR 4,5/8 ; brun rougeâtre plus clair, mêmes remplissages, même texture ; structure massive ; débit à peine mamelonné, cohésion moyenne à faible, porosité de même type, réduite.
- 65-160 cm 7,5 YR 7/6 ; contraste faible, variation continue de la couleur jusqu'à la base de l'horizon ; passe du jaune rouge au jaune pâle ; même texture ; même structure ; débit très régulier, cohésion faible à moyenne porosité strictement d'assemblage de grains.
- I60-210 cm 10 YR 8/6 ; contraste nul, transition floue ; sables compacts, jaune pâle, calibrés, moyens à fins.

Enracinement : chevelu ramifié oblique sur les 10 premiers cm, radicelles linéaires et verticales jusqu'à 80 cm, certaines pénètrent jusqu'à la base du profil.

Les différences morphologiques avec les sols brun rouge peu différenciés sont très peu accusées, l'analogie portant principalement sur la teinte foncée des horizons de surface et l'absence de structuration du profil. On notera seulement une épaisseur plus grande de l'ensemble des deux horizons supérieurs, qui présentent moins de traces de remaniement et sont plus contrastés, et des variations de couleur profondes (base du profil à I40 - I80 cm contre I00 - I40 cm pour les sols brun rouge).

La distinction est délicate et ne pourrait être faite en dehors du contexte climatique qui se traduit en général par une végétation plus dense et plus haute (strate arborée). La distinction morphologique d'avec les sols brun rouge peu différenciés peu paraître aléatoire, elle se justifie cependant pleinement par des propriétés analytiques bien distinctes.

Série de KORNAKA à profil peu rubéfié

Le profil ND I4 est situé sur un ensablement à modelé ondulé, 7 Km au Nord de KOUROUNGOUSA. La végétation est une savane arborée, à *Poupartia birrea*, *Prosopis africana*, *Terminalia avicennoides*, avec en sous-strate *Guiera senegalensis*, *Bauhinia reticulata*, *Anona senegalensis*. Le tapis est dense, composé d'*Andropogon gayanus*, *Ctenium elegans*, *Andropogon amplexans*, *Aristida longiflora*, *Eragrostis tremula* ; *Chrosophora senegalensis*.

Surface : sables déliés jaune clair, rejets brun jaune rouge

- 0-16 cm IO YR 5,5/3 ; gris beige ; texture sableuse, sables calibrés riches en grains émoussés ; structure massive, débit non orienté, facès peu mamelonnées, cohésion faible sur les 5 premiers cm, puis moyenne, non agrégé, porosité interstitielle faible, quelques pores de 0,5 à 1 mm
- 16-39 cm IO YR 5,5/4 ; gris brun ; remplissages de sables blancs ; même texture ; même structure, cohésion moyenne ; porosité à peine plus forte.
- 39-95 cm 7,5 YR 5,5/6 ; brun jaunâtre ; même texture ; même structure, cohésion plus forte, restant moyenne ; porosité faible, semble inférieure à celle de l'horizon ci-dessus
- 95-140 cm 7,5 YR 6/6 ; brun jaune rouge, même texture ; même structure cohésion plus forte restant moyenne ; porosité mixte supérieure à celle de l'horizon ci-dessus
- 140-200 cm 7,5 YR 5,5/8 ; brun jaune, plus clair et plus jaune que ci-dessus ; même texture ; structure massive ; débit régulier, porosité faible

Enracinement : chevelu sur les 6 premiers cm, radicelles moyennement abondantes jusqu'à 60 cm, rares ensuite

La rubéfaction du profil est très peu accusée et n'est pas rendue par le code ; les teintes les plus rouges se situent dans la planche 7,5 YR. Les variations structurales sont un peu plus accusées que dans la série précédente, et portent principalement sur la cohésion qui est moyenne dans les 4 premiers horizons. Ces caractères peuvent être attribués, par analogie avec d'autres sols non rubéfiés, à des conditions particulières de drainage ; ils vont de pair avec un modelé généralement peu accusé, qui uniformise l'infiltration en limitant l'écoulement superficiel de l'eau.

b) Propriétés analytiques :

Matière organique :

Ces sols sont très pauvres en matière organique, dont les taux varient peu d'un profil à l'autre (0,19 à 0,26 % en surface). Le C/N est bas, inférieur à 10.

Texture :

La granulométrie des sables est celle des ergs récents à répartition bimodale ; le mode principal est situé à la limite entre les sables fins et les sables grossiers (0,19 mm), avec toutefois dominance de ces derniers.

Les taux d'éléments fins sont très faibles, ils présentent, dans l'horizon rougi un maximum très peu accusé, mais dont la fréquence nous permet de l'attribuer à un début de lessivage, phénomène nouveau sur formation sableuse récente, et dû à une pluviométrie plus forte.

Sesquioxydes :

Les variations des taux de fer libre sont parallèles à celles des taux d'éléments fins, donc peu accusées. Le maximum se situe généralement dans l'horizon rougi, parfois dans le matériau. Les rapports fer libre / fer total sont en moyenne constants dans le profil, ce qui montre que la mobilité de cet élément reste faible.

Complexe absorbant :

Ce sont les propriétés du complexe absorbant qui distinguent le plus nettement ces sols des sols brun rouge peu différenciés. Les taux de saturation sont faibles dès la surface (0,55), ils décroissent avec la profondeur. Le pH est corrélativement assez acide et varie proportionnellement au taux de saturation sauf dans les sols les plus jeunes où il reste sensiblement constant dans le profil. La pauvreté de ces sols en éléments fins limite la capacité d'échange à des valeurs très basses le plus souvent inférieures à 2 meq ; les taux de bases échangeables sont également très réduits. L'équilibre des cations est variable, mais montre une carence fréquente en potassium (voir tableau 10)

Fertilité chimique

Elle est très basse, les taux d'azote sont relativement plus faibles que ceux de phosphore (0,09 à 0,15 ‰ : contre 0,30 à 1 ‰)

Propriétés physiques

Ces sols sont très peu ou pas agrégés, leur perméabilité est élevée variant de 3 à 7 cm/h. Le pouvoir de rétention pour l'eau est très faible l'eau utile est constamment inférieure à 1 % le plus souvent de l'ordre de 0,2 à 0,5 %.

c) Utilisation

Ces sols ne peuvent être utilisés en culture traditionnelle qu'en maintenant des périodes de jachère suffisamment longues pour ne pas réduire une fertilité déjà très basse. Leur faible pouvoir de rétention pour l'eau, allié à une perméabilité élevée, les rend très sensibles aux fluctuations annuelles de la pluviométrie. Les cultures leur convenant sont fonction de leur extension climatique ; au Nord du parallèle 14° 15 (approximativement), on les réservera à la culture du mil et au pâturage ; plus au Sud, et compte tenu des facteurs limitants cités plus haut, on peut envisager la culture de l'arachide et du manioc doux dans les zones basses (interdunes, dépressions), mieux alimentées en eau. Dans leur zone d'extension la plus méridionale (bordure du goulbi de MARADI), à pluviométrie supérieure à 600 mm, la culture de l'arachide est possible en toute position, mais reste limitée par la faible fertilité.

Les améliorations devront porter principalement, en ce qui concerne la fertilité chimique, sur l'augmentation du stock organique, que doit permettre une association agriculture-élevage. L'usage des engrais minéraux, s'il est envisagé, devra être prudent et porter sur de faibles doses, par suite du faible pouvoir fixateur du sol vis-à-vis des éléments minéraux (capacité d'échange réduite).

La texture très sableuse et l'absence de structuration de ces sols les rend également sensibles à l'érosion éolienne, contre laquelle on devra lutter par l'établissement de brise-vent. Cette sensibilité est maximum dans l'erg bordant le goulbi de GAZAOUA et qui se prolonge vers l'Est en direction de GARAGOUNZA ; de ce fait, il est préférable de lui réserver une utilisation pastorale.

d) Extension

Les sols de la série de KORNAKA ont été cartographiés isolément dans la région de KORNAKA où ils bordent une vallée fossile affluente du goulbi N'KABA, et, sur une faible distance, la rive gauche du goulbi N'KABA ; vers l'Est ils s'imbriquent avec les sols de la série de MARADI et ont été cartographiés en association avec eux.

Les sols de la série de GARAGOUNZA se développent sur l'erg de GAZAOUA ainsi que sur la rive gauche du goulbi de MARADI. On les retrouve dans la partie occidentale de la carte sur un cordon dunaire situé au Nord de BAGAROUA.

TABLEAU II

PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SERIES DE KORNAKA & DE GARAGOUNZA

		Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u>	en surface	0,26	0,19	0,22
	vers 50 cm	0,12	0,09	0,10
	matériau	0,09	0,03	0,07
<u>C/N</u>	en surface	10,7	7,3	8,7
	vers 50 cm	7,8	5,6	6,5
	matériau	6,3	5,0	5,9
<u>A + L %</u>	en surface	5,3	2,3	3,7
	dans l'horizon rouge	5,5	3,8	4,4
	matériau	6,0	1,0	3,5
<u>Fer libre %</u>	en surface	4,3	4,3	4,7
	dans l'horizon rouge	5,2	4,8	5,8
	matériau	6,3	3,4	4,8
<u>Fer libre/fer total</u>	en surface	0,86	0,63	0,73
	dans l'horizon rouge	0,30	0,68	0,73
	matériau	0,90	0,69	0,73
<u>pH</u>	en surface	6,1	5,9	6,0
	dans l'horizon rouge	6,5	5,1	5,7
	matériau	6,5	5,0	5,7
<u>Sommes des bases échangeables</u>	en surface	1,63	0,85	1,32
	dans l'horizon rouge	1,31	1,08	1,16
	matériau	1,28	0,56	0,95
<u>Coefficient de saturation</u>	en surface	0,59	0,53	0,55
	dans l'horizon rouge	0,52	0,44	0,48
	matériau	0,51	0,37	0,45
<u>Equilibre des bases</u>		Valeurs extrêmes		
Ca + Mg/K + Na	(en surface	7 - I3		
	(en profondeur	4,5 I2		
Ca/Mg	(en surface	1,4 I,6		
	(en profondeur	0,5 I		
K/ Na	(en surface	0,9 5 :		
	(en profondeur	0,5 I		

La formation sableuse récente qui s'étend d'Ouest en Est entre le goulbi N'KABA et la vallée de TARKA, limitée au Sud par l'avancée de la formation sableuse de MARADI, comporte à la fois des sols à profil rougi (série de GARAGOUZMA), et des sols peu rubéfiés (série de KORNAKA) qu'il n'a pas été possible de dissocier.

B - 2 - E2 SERIE DE BAGAROUA

Les sols de la série de BAGAROUA sont localisés dans la vallée du dallol **MAGURI** au Nord de DOGONDOUTCHI, sur un ensablement éolien qui a envahi très uniformément cette vallée, et que, par la granulométrie de ses sables (voir étude granulométrique des matériaux sableux), ainsi que par le type d'évolution des sols qui s'y développent, nous avons rattaché à la formation sableuse des ergs récents. La remarquable particularité de ces sols est que, de TAHOUA à DOGONDOUTCHI, ils présentent une grande homogénéité morphologique, malgré une variation de pluviométrie supérieure à 200 mm ; on n'enregistre que de faibles variations, très progressives et qui se traduisent, dans la partie la plus arrosée, par un début de différenciation structurale.

a) Morphologie

Nous donnerons successivement la description de deux profils constituant les types extrêmes de cette série, l'un (NF 15) situé quelques km à l'Ouest de TAHOUA, l'autre (NF 46) observé 10 km au Nord de DOGONDOUTCHI.

Le profil NF 15 est situé dans une vaste plaine sableuse, à modelé très peu accusé (dénivelée de l'ordre de 1m), sous une savane arborée à *Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia adstringens*, avec en sous-strate *Guiera senegalensis* et *Callotropis procera* ; le tapis est dense, à *Aristida longiflora* largement dominant.

Aspect superficiel : sables déliés beiges, rejets brun jaune

- | | |
|-----------|---|
| 0-20 cm | 10 YR 5/5 ; beige brun clair, homogène ; texture sableuse assez hétérogène, à sables grossiers bien roulés, à surface lisse et mate, structure massive à débit régulier ; cohésion faible ; porosité interstitielle moyenne, bien développée. |
| 20-42 cm | 7,5 YR 5/5 ; contraste moyen, transition sur 5 à 10 cm brun légèrement rouge, homogène ; même texture ; même structure ; porosité interstitielle moyenne, un peu plus développée. |
| 40-105 cm | Entre 7,5 YR 5/6 et 5 YR 5/6 ; contraste moyen, transition sur 15 cm plus rouge, quelques remplissages beiges même texture, un peu mieux triée ; même structure, débit légèrement mamelonné, cohésion moyenne à faible ; même porosité |

I05-I72 cm 7,5 YR 5/6 ; horizon de transition, passe du rouge brun au jaune brun ; texture sableuse à sables bien triés ; structure massive à débit régulier, cohésion faible ; porosité interstitielle bien développée.

I72-200 cm IO YR 5/8 ; jaune légèrement brun, homogène ; structure presque particulaire ; porosité interstitielle fine bien développée

Enracinement : racines de graminées assez abondantes sur les 50 premiers cm, présentes jusqu'à 150 cm

Le profil NF 46 a été observé dans la vallée du dallol MAOURI sur un modélé à petites buttes très basses (dénivelée de l'ordre du mètre), sous une savane à Combretum glutinosum, Faidherbia albida, Acacia senegal ; en sous strate, en relève Guiera senegalensis, Bauhinia reticulata, Anona senegalensis, Zizyphus mauritiaca. Le tapis est lâche, à base d'Aristida : longiflora, Aristida stipoides, Aristida mutabilis, Eragrostis tremula.

Aspect superficiel : sables déliés brun jaune sur 5 cm, rejets plus bruns

- 0-20 cm IO YR 5,5/4 ; brun clair, légèrement jaune, strié, texture sableuse à sables grossiers roulés ; structure massive à débit régulier, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle fine bien développée
- 20-40 cm 7,5 YR 5,5/4 ; contraste moyen à faible, transition sur 10 cm légèrement plus rouge ; même texture ; structure massive à débit légèrement plus mamelonné, cohésion moyenne ; porosité un peu plus irrégulière, restant fine, bien développée.
- 40-100 cm Entre 5 YR et 7,5 YR 5/5 ; contraste moyen, transition sur 10 cm ; brun rouge, quelques raies diffuses et de même teinte, même texture ; structure massive, débit un peu plus mamelonné, cohésion moyenne, même porosité.
- 100-160 cm 7,5 YR 5/8 ; contraste faible, transition sur 20 cm ; même texture, structure presque particulaire ; porosité interstitielle fine bien développée
- 160-200 cm IO YR 5,5/8 ; contraste fort, transition sur 10 cm, jaune vif ; texture sableuse assez bien trié ; structure particulaire. Même porosité.

On notera la similitude des teintes et de l'épaisseur des différents horizons ; les variations concernent uniquement la structure, la cohésion passant de moyenne à faible à moyenne dans l'horizon rougi, le débit étant un peu plus irrégulier, et la rubéfaction, un peu plus accentuée.

Le caractère peu différencié de ces sols est dû uniquement à l'absence ou à la faible différenciation structurale, les termes les plus méridionaux tendent d'ailleurs vers les sols ferrugineux lessivés en fer typique.

Le jaunissement des horizons profonds est attribuable à une discrète action de nappe ; nous l'avons déjà observé dans certaines formations alluviales de l'ADER DOUTCHI (sols brun rouge à concrétions) il s'accuse dans la partie méridionale (NF 46) où le contraste entre les horizons rougis et l'horizon profond jaune vif est fort, la transition rapide. Cette action de nappe est vraisemblablement fossile car la nappe actuelle se situe entre 10 et 20 m de profondeur.

Dans la zone subaride (pluviométrie inférieure à 400 mm), on n'observe le passage de ces sols aux sols brun rouge peu différenciés (voir le profil NF 76 sur fiche) que lorsque, localement, l'amplitude du modelé éolien s'accroît et prend alors un aspect d'erg classique, ce qui a pour conséquence de réduire l'humidité édaphique des sols sur dune en facilitant l'écoulement superficiel par l'apparition de pentes notables. Cette observation permet d'attribuer la présence d'horizons supérieurs épais et décolorés à un pédoclimat plus humide consécutif à la position géomorphologique de l'ensablement et à son modelé très aplani.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles ; la décroissance en profondeur est progressive, mais plus rapide sur les 20 premiers cm. Aucune variation n'est décelable en fonction de la pluviométrie.

Texture :

La granulométrie des sables est typiquement celle des ergs récents, les sables grossiers dominent légèrement sur les sables fins. Les taux d'éléments fins sont assez faibles ; on constate un net appauvrissement sur les 10 ou 20 premiers cm, dû à des remaniements éoliens superficiels ; les variations verticales sont ensuite faibles et irrégulières, montrant un maximum peu accusé qui se situe soit dans l'horizon rougi, soit, plus rarement, dans l'horizon profond.

Sesquioxides

Les taux de fer libre varient avec ceux d'éléments fins et montrent les mêmes maxima ; le rapport fer libre / fer total est toutefois fréquemment maximum à la base du profil, ce qui peut s'expliquer soit par un entraînement profond de cet élément, soit par un apport par nappe.

Complexe absorbant :

Le pH et le taux de saturation présentent une variation zonale en fonction de la pluviométrie ; les pH de surface les plus élevés (6,4 à 7 ; moyenne 6,7) s'observent au Nord de BAGAROUA où la pluviométrie est inférieure à 450 mm ; plus au Sud, on constate un abaissement progressif du pH de surface qui peut décroître jusqu'à 5,4, la valeur moyenne étant de 6 ; les variations verticales sont nulles ou faibles dans le premier cas, elles s'accroissent vers le Sud où le pH décroît assez nettement avec la profondeur (5,2). Le taux de saturation varie parallèlement au pH. La capacité d'échange est faible, inférieure à 3 meq pour 100 g de sols, la valeur moyenne étant de 2,1 meq. La somme des bases échangeables décroît également au Nord et au Sud par suite de la diminution du taux de saturation. L'équilibre des bases est variable, avec en particulier dans le Nord une très large dominance des cations bivalents.

Fertilité chimique

Les taux d'azote et de phosphore sont faibles : N = 0,10 à 0,25 %
 $P_2O_5 = 0,16$ à $0,30$ %

Propriétés physiques

La perméabilité est de l'ordre de 2 à 4 cm/h ; la stabilité structurale est très faible, elle croît très légèrement dans la partie méridionale du dallol MAOURI où les horizons de surface restent cependant très peu agrégés et fragiles.

c) Utilisation

Le dallol MAOURI est intensément cultivé ; dans la partie septentrionale de son cours, il concentre l'essentiel des terres de culture des régions qu'il traverse. L'intérêt que portent les agriculteurs à ces sols s'explique par leur meilleure alimentation en eau due à leur situation dans une vallée qui, si elle n'est plus active, reçoit encore des apports latéraux par ruissellement et drainage oblique. La fertilité de ces sols est faible, elle peut être améliorée soit par le maintien de périodes de jachères plus longues,

Ce qui paraît difficile vu la densité de la population, soit, plus efficacement par des apports organiques. La rentabilité d'apports minéraux (Phosphore et azote principalement) ne pourra être déterminée que par des essais agronomiques

Ces sols conviennent à la culture du mil et du niébé dans le Nord, à l'arachide et au manioc doux au Sud d'une limite que l'on peut situer approximativement selon les données climatiques, au parallèle 14°.

TABLEAU I2

PRINCIPALES PROPRIÉTÉS ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SÉRIE DE B A G A R O U A

		Maximum	Minimum	Moyenne			
Matière organique %	en surface	0,36	0,16	0,24			
	vers 50 cm	0,16	0,09	0,14			
	dans le matériau	0,12	0,07	0,09			
C/N	en surface	10,8	7,8	9,8			
A + L %	en surface	3,8	2,5	2,9			
	dans l'horizon rougi	10,2	6,2	7,0			
	dans le matériau	11,3	5,1	6,3			
Fer libre ‰	en surface	8,8	5,5	6,8			
	dans l'horizon rougi	10,1	8,5	9,5			
	dans le matériau	12,8	8,1	9,3			
Fer libre / Fertotal	en surface	0,78	0,65	0,69			
	dans l'horizon rougi	0,84	0,73	0,77			
	dans le matériau	0,89	0,79	0,83			
		Pluviométrie inf. à 450 mm			Pluv. sup à 450 mm		
		Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Mini.	Moyenne
pH	en surface	7,0	6,4	6,7	6,5	5,4	6,0
	dans l'horiz rougi	7,0	5,3	6,5	5,4	4,9	5,2
	ds le matériau	6,8	5,3	6,6	5,5	5,0	5,2
Somme des bases échangeab.	en surface	2,6	0,89	1,63	1,48	0,91	1,1
	ds l'horizon rougi	2,3	0,50	1,57	1,10	0,57	0,84
	ds le matériau	2,4	0,89	1,83	0,95	0,36	0,60
Coefficient de saturation	en surface	1	0,89	0,96	0,92	0,78	0,84
	ds l'horizon rougi	1	0,60	0,80	0,63	0,37	0,46
	ds le matériau	1	0,55	0,77	0,60	0,34	0,43

	Pluviométrie inf à 450 mm			Pluviom. sup à 450 mm		
	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minim.	Moyenne
Equilibre des bases						
Ca + Mg/K + Na	59	25	40	30	5	20
Ca / Mg	6	2	3	2	0,7	1,2
K / Na	9	1	3,4	7	1	2,3

B 2 - 2 SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVES EN FER TYPIQUES

B 2 - 2I FAMILLE SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS ANCIENS

2-I SERIE DE DADORIA

Le profil NG 25 est situé sur un ensablement à modelé en buttes basses bordant la rive droite de la vallée de KOLMEY, sous une savane à *Combretum glutinosum*, *Detarium microcarpum*, *Guiera senegalensis* ; le tapis est à *Aristida longiflora*, *Loudetia togoensis*, *Ctenium elegans*, *Eragrostis tremula*.

Surface : sables déliés beiges, rejets à peine plus colorés

- 0-24 cm IO YR 6/3 ; gris beige assez clair, homogène ; texture sableuse assez riche en sables fins, structure massive à débit régulier cohésion faible ; porosité interstitielle fine moyennement développée
- 24-45 cm IO YR 5,5/3 ; (plus rouge) ; contraste moyen à faible, transition sur 10 cm beige légèrement brun ; texture sableuse hétérogène ; un peu moins riche en sables fins ; structure massive à débit irrégulier, cohésion un peu plus que moyenne, irrégulière ; porosité nettement plus grossière très bien développée
- 45-110 cm 7,5 YR 5/5 ; contraste moyen, transition sur 15 cm ; rouge jaune clair ; même texture ; structure massive à débit irrégulier, cohésion très légèrement plus faible, également irrégulière ; porosité encore assez grossière irrégulière très bien développée.
- 110-175 cm Horizon de transition ; la teinte passe du jaune légèrement rouge au jaune ; texture très légèrement plus homogène ; structure massive, débit encore faiblement irrégulier, cohésion faible ; porosité plus fine, bien développée
- 175-200 cm IO YR 5/7 (un peu plus rouge) jaune légèrement brun même texture ; structure massive à débit régulier, cohésion faible ; porosité fine bien développée.

Raies : à 26-34-46-60 cm très légèrement plus colorées, épaisses de 1 à 4 mm, assez bien visibles un peu plus cohérentes.

Enracinement : assez intense, dans les 40 premiers cm, présent jusqu'à la base du profil

Les variations à partir de ce type sont faibles et concernent essentiellement l'épaisseur des horizons de surface qui diminue légèrement dans la zone d'extension septentrionale de ces sols (35 à 40 cm), réduction attribuable à un lessivage un peu moins profond du fer, et l'intensité de la rubéfaction, la teinte de l'horizon rougi variant entre 7,5 et 5 YR en position de drainage normal.

La succession et la morphologie des différents horizons est caractéristique des sols ferrugineux lessivés en fer ; on peut les interpréter de la façon suivante :

- un horizon de surface légèrement humifère, de teinte gris beige, épais de 20 à 25 cm, la structure est massive à débit irrégulier, la cohésion faible traduit l'absence de cimentation.

Un horizon un peu plus coloré (beige rosé), épais d'une vingtaine de cm, légèrement agrégé, la cohésion y est fréquemment maximum (dans les profils fraîchement creusés) ceci étant probablement dû à la fois à une dessiccation poussée par suite de la proximité de la surface du sol et à une pauvreté en éléments fins et sesquioxydes un peu moindre que celle de l'horizon de surface. La porosité y est également maximum en taille et développement. Des raies peu contrastées très fréquentes, dans ces sols, apparaissent dans cet horizon. L'ensemble de ces deux premiers horizons constitue la zone d'illuviation du profil, c'est-à-dire, de départ des éléments mobiles (sesquioxydes et argile). Cette illuviation est maximum dans le premier horizon.

- Un horizon rougi d'accumulation des sesquioxydes et de l'argile ; l'accumulation de l'argile est toujours faible et ne peut se déceler qu'à l'analyse. La structure est maximum au sommet de cet horizon, elle se manifeste par un débit nettement mamelonné, parfois polyédrique. La porosité est encore forte, mais plus irrégulière que dans l'horizon précédent.

- Un horizon de transition dont la rubéfaction décroissante traduit la diminution de l'individualisation du fer. La structure disparaît plus rapidement et passe à massive peu cohérente ou à particulaire. Le matériau est atteint vers 2 m, parfois plus.

Les variations en fonction de la position topographique sont faibles ; ces sols étant situés sur des ensablements épais, le drainage vertical est toujours assuré, même en interdune ; l'accroissement de la percolation en position basse, dû au ruissellement et au drainage oblique se traduit par un léger éclaircissement du profil, des raies un peu plus visibles, et parfois par un enrichissement en argile un peu plus accusé de l'horizon B, attribuable à des apports obliques. Ce n'est que dans la région de BAOUDETA (Sud Est de

... la carte) que l'on observe, en position topographique basse, des sols à morphologie bien distincte, caractérisés par la teinte ocre de leur horizon d'accumulation (sols ferrugineux lessivés en fer ocre de bas fond, série de BAOUDETA) ils se développent à la faveur d'un modalé particulier, consistant en l'alternance de plaines sableuses à drainage externe réduit et d'ensablements à modalé dunaire bien marqué, à sols identiques à ceux de la série de DADORIA.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles, analogues à celles observées jusqu'alors sur sables éoliens. La décroissance verticale est très progressive dans les sols les plus pauvres nettement plus rapide dans les sols mieux pourvus qui sont situés dans des zones peu cultivées, ce qui montre l'influence prépondérante de la culture sur l'abondance et la répartition de la matière organique. Le rapport C/N, le plus souvent supérieur à 10, est notablement plus élevé que dans les sols brun rouge développés sur la même formation sableuse ; il semble constituer le principal facteur distinctif entre les types de matière organique en milieu subaride et ferrugineux tropical.

Texture :

La granulométrie des sables varie selon que le sol est situé sur les ergs anciens orientaux ou occidentaux (voir étude granulométrique des matériaux sableux). Dans les premiers, les sables grossiers dominent légèrement sur les sables fins, alors que l'inverse se produit dans les seconds. Cette distinction granulométrique est trop faible pour apparaître au niveau de la famille, et, les profils étant identiques, nous les avons réunis dans une série unique. Les propriétés physiques des sols ne semblent pas modifiées par ces légères différences texturales ; par contre, nous retrouverons les mêmes variations entre les propriétés chimiques de ces deux formations, que celles observées pour les sols brun rouge. Les taux d'éléments fins sont inférieurs à 10 %, le maximum se situe dans l'horizon rougi, sauf parfois en bas de pente où il est plus profond ; les variations verticales sont progressives attribuables à un léger lessivage de l'argile, les taux de limon restant généralement constants. Le minimum se situe toujours en surface, il est dû à la fois à une éluviation de l'argile et à des actions mécaniques superficielles (remaniements éoliens ou érosion en nappe) ; ces dernières se manifestent par la présence constante de sables déliés en surface, dont l'épaisseur croît dans les zones très cultivées où le travail du sol facilite la destruction de l'horizon supérieur.

Sesquioxydes :

Les taux de fer varient avec ceux d'éléments fins, le maximum se situe dans l'horizon rougi, le minimum en surface. L'enrichissement absolu et relatif (rapport fer libre / fer total) de l'horizon B est toujours nettement perceptible.

Complexe absorbant :

Ces sols sont nettement désaturés dès la surface, désaturation qui s'accuse dans le deuxième horizon pour rester ensuite à peu près constante, ces variations sont attribuables à la fois à la remontée biologique des éléments échangeables par la végétation et à une plus faible capacité d'échange liée à une moindre teneur en éléments fins en surface. Les sols sur ergs anciens occidentaux sont plus désaturés que ceux sur ergs anciens orientaux (voir tableau B)

La capacité d'échange est faible, rarement supérieure à 2 meq pour 100 g de sol (0,9 à 3,1 meq, moyenne 1,5 meq). Les réserves en éléments échangeables sont faibles et montrent parfois une déficience relative en calcium et potassium, particulièrement dans les sols sur ergs anciens occidentaux.

Les sols à drainage externe réduit -série de BAOUDETA - ne se distinguent analytiquement des sols à drainage libre de la série de DADORIA que par un complexe absorbant saturé ou proche de la saturation. Le calcium y domine largement ; l'équilibre des bases est le suivant (en valeurs relatives)

Ca = 66 ; Mg = 17 ; K = 1 ; Na = 0,3

Il est caractérisé par une forte prépondérance des cations bivalentes

Fertilité chimique

Les taux d'azote et de phosphore sont faibles, ils varient respectivement de 0,11 à 0,16 ‰, et de 0,10 à 0,25 ‰. La fertilité chimique est basse.

Propriétés physiques :

La perméabilité moyenne en surface (2 cm/h) croît avec la profondeur, en même temps que le taux d'éléments fins, ce qui prouve l'existence d'agrégats dans l'horizon d'accumulation. Par contre, la décroissance parallèle de la stabilité structurale montre que ces agrégats sont peu stables.

c) Utilisation

Par leurs propriétés physiques et leur texture, ces sols conviennent à la culture de l'arachide. Les plus intensément utilisés sont situés au Sud du goulbi de MARADI et au Sud Est de la carte où ils prolongent la grande zone arachidière du NIGER Oriental. A l'Ouest de l'ADER DOUTCHI, la proportion des surfaces cultivées est beaucoup moindre, ce qui peut être attribué à la fois à une plus faible densité de population et à une fertilité plus réduite.

Par suite de la faible fertilité de ces sols une intensification de la culture de l'arachide doit aller de pair avec une utilisation rationnelle d'amendements organiques et minéraux.

Les sols de la série de BAOUDETA présentent une meilleure fertilité naturelle, par suite de leur plus grande richesse en bases (2 à 2,5 meq) et de leur alimentation hydrique favorisée par leur position topographique basse.

La limite septentrionale de la culture de l'arachide varie en fonction de l'écologie des nouvelles variétés mises au point et ne peut être fixée que par l'agronome et le généticien. Il ne semble pas que celle-ci dépasse beaucoup actuellement, en position de drainage normal, l'isohyète 500 mm qui se situe entre ILLELA et BIRNI N'KONNI.

d) Répartition

Ces sols prolongent à l'Est les sols ferrugineux peu lessivés sur la formation sableuse des ergs orientés du NIGER Oriental. Ils ont été cartographiés en association avec les sols à drainage réduit de la série de BAOUDETA sur la rive droite du goulbi de GAZAOUA où ces sols prennent quelque importance. On les retrouve bizarrement isolés au sein de la formation sableuse de MARADI, où ils forment une bande au Sud du goulbi de MARADI ; on les distingue à leur teinte superficielle plus claire.

Dans la zone d'extension du Continental Terminal, ils alternent avec les sols ferrugineux lessivés en fer à concrétionnement de nappe (série de KOUTOUMBOU), dont ils se distinguent aisément par l'absence d'encroûtement superficiel et le modelé plus accusé des formations sableuses qui les portent. Leur végétation est également caractéristique, c'est une savane monospécifique à Combretum glutinosum dans le Nord qui s'enrichit vers le Sud d'espèces plus hydrophyles telles que Prosopis africana, Detarium microcarpum, *Lannea acida*

TABLEAU 13

PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SERIE DE DADORIA

	Maximum	Minimum	Moyenne
Matière organique % en surface	0,31	0,21	0,27
vers 50 cm	0,19	0,14	0,16
dans le matériau	0,16	0,07	0,10
C/N en surface	13,6	7,2	11,4
A + L % en surface	4,0	1,3	3,1
dans l'horizon rougi	10,0	6,2	7,8
dans le matériau	8,4	3,0	5,8
Fer libre % en surface	7,3	2,4	4,5
dans l'horizon rougi	13,0	4,0	7,7
dans le matériau	11,7	3,0	6,1
Fer libre / fer total en surface	0,81	0,50	0,69
dans l'horizon rougi	0,84	0,72	0,79
dans le matériau	0,82	0,65	0,72

	sur ergs anc. Orientaux			Sur ergs anc. Occident.		
	Maximum	Mini.	Moyen.	Maxim.	Mini.	Moyen.
pH en surface	6,3	6,1	6,2	6,1	5,1	5,6
dans l'horizon rougi	5,8	5,3	5,5	5,4	4,8	5,0
dans le matériau	5,7	5,1	5,4	5,2	4,8	5,0
Somme des bases échangeables en surface	1,06	0,73	0,63	1,47	0,56	1,0
dans l'horizon rougi	1,40	0,67	0,97	1,70	0,53	0,93
dans le matériau	0,68	0,45	0,54	1,15	0,41	0,77
Coefficient de saturation en surface	0,83	0,62	0,73	0,86	0,30	0,56
dans l'horizon rougi	0,54	0,47	0,50	0,62	0,25	0,46
dans le matériau	0,52	0,26	0,54	0,36	0,41	0,40
Equilibre des bases Ca + Mg/K + Na	(surface profondeur		21 à 35 8 à 14	3 à 15 2 à 27		
Ca/Mg	(surface profondeur		2 à 3,4 0,4 - 1	1 à 7 0,3-2		
K/Na	(surface profondeur		1 2	0,2-3 0,1-1		

212 - SERIE DE TANTCHIA

a) Morphologie

Le profil NG 52 est situé à 3 km au NO de TANTCHIA, sur le versant Ouest ensablé de la vallée du dallol MAOURI, sous une savane à *Combretum glutinosum*, *Prosopis africana*, *Terminalia avicennoides* ; le tapis est composé d'*Aristida longiflora*, *Andropogon amplexans*, *Eragrostis tremula*, *Chrosophora senegalensis*.

surface : sables déliés, beiges.

- 0-21 cm 10 YR 5,5/3 ; gris, texture sableuse hétérogène ; structure massive à débit régulier, cohésion moyenne à faible ; porosité fine bien développée.
- 21-42 cm 5 YR 5/5 , contraste moyen à faible ; transition sur 10 cm gris rougeâtre, même texture ; structure massive à débit légèrement irrégulier, cohésion moyenne ; porosité un peu plus grossière bien développée
- 42-123 cm 5 YR 5/8 ; contraste moyen, transition sur 15 cm ; rouge ; même texture ; structure massive à débit irrégulier, cohésion un peu plus faible ; porosité également grossière bien développée
- 123-200 cm 5 YR 5/8 ; contraste faible à très faible ; rouge ; même texture structure massive à débit régulier, cohésion moyenne à faible ; porosité fine bien développée

Raies : à 28-46-75 cm

Enracinement : fin assez dense jusqu'à 50 cm, présent jusqu'à 140 cm

Ces sols se distinguent de ceux de la série de DADORIA par une couleur très rouge de l'ensemble du profil, ainsi que par leur position géomorphologique ; ils constituent en effet la couverture pédologique très homogène des ensablements recouvrant les versants des vallées taillées dans le plateau du Moyen NIGER (Ct3)

La différenciation structurale est peu accusée et se manifeste surtout par des variations de la porosité. En bas de versant à partir du tiers inférieur de pente, on observe une décoloration progressive des sols dont les horizons B ne sont plus que 7,5 YR et, plus bas encore, 10 YR, variation de teinte très classique dans les chaînes de sols ferrugineux lessivés en fer et due à une percolation accrue par ruissellement et circulation hypodermique.

Ces sols sont fréquemment soumis à une érosion en ravines assez intense qui démarre du sommet du versant là où se déverse l'eau ruisselée du plateau. Les ravines sont profondes et très particulières par leurs fissures verticales. Cette érosion se manifeste parfois également en bas de versant, lorsqu'elle s'amincit la couverture sableuse, elle peut dénuder le substrat gréseux et travaille ensuite de façon régressive.

b) Propriétés analytiques

Elles sont identiques à celles de la série de DADORIA, on y observe la même pauvreté en matière organique et en éléments échangeables.

c) Utilisation et extension

Ces sols conviennent à la culture de l'arachide et du mil. Peu étendus au NIGER Central (rive droite du dallo MAOURI, vallée de TOUGANA) ils ont leur extension maximum au NIGER Occidental. Ils constituent l'essentiel des terres à arachide de la région de DOSSO. Les sols peu colorés sont préférés à ceux très rubéfiés de haut de pente, vraisemblablement par suite d'une alimentation en eau accrue par leur position topographique basse.

En plus des problèmes de fertilisation analogues à ceux posés par les sols de la série de DADORIA, la mise en valeur de ces sols nécessite l'application de pratiques antiérosives pour prévenir ou limiter l'érosion en ravines déjà avancée dans la partie amont de la vallée de TOUGANA.

213 - SERIE DE DAN GONA

a) Morphologie

Le profil NG 5 est situé à l'Ouest, de DOZEY, sur un versant ensablé se raccordant à un petit plateau couronné d'une dalle de grès ferrugineux. La végétation est une jachère avec réserve d'arbres (*Combretum glutinosum*, *Prosopis africana*, *Guiera senegalensis*). Le tapis est clairsemé, à base d'*Eragrostis tremula*, *Aristida longiflora*, *A. Mutabilis*, *A. Stipoides*, *Cassia mimosoides*

Surface ; encroûtements locaux, sables déliés beiges, rejets rouge clair

0-18 cm IO YR 5/3 ; gris homogène ; texture sableuse hétérogène, assez riche en sables fins ; structure massive, débit régulier cohésion moyenne ; porosité bien développée.

- I8-43 cm 7,5 YR 5/4 ; contraste moyen, transition sur 10 cm ; plus rouge, présence de raies ; texture sableuse hétérogène, un peu moins riche en sables fins ; structure massive, débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle nettement plus grossière, très bien développée
- 43-97 cm 5 YR 5,5/6 ; contraste moyen, transition sur 10 cm ; rouge clair avec raies ; texture sableuse hétérogène ; structure massive, débit à faces un peu plus mamelonnées, cohésion très légèrement plus forte ; porosité interstitielle grossière (1/4 mm) bien développée, quelques rares petites zones compactes
- 97-160 cm 5 YR 5,5/6 ; contraste faible à nul, transition sur 10 cm ; très légèrement moins rouge ; même texture ; même structure un peu moins cohérente, quelques noyaux durcis à cohésion forte, porosité interstitielle grossière encore bien développée, zones compactes un peu plus nombreuses.
- I60-I80 cm 5 YR 5/6 ; contraste faible, transition sur 10 cm ; un peu moins rouge ; texture sableuse avec un peu d'argile ; structure massive, débit irrégulier, cohésion forte, présence de noyaux durcis (0 = 2-3 cm) à intérieur compact et cohésion excessive ; porosité alvéolaire à interstitielle, nettement moins développée.

Raies : à 29 -37-652-65-83 cm, épaisses de 3 mm, très légèrement plus rougies ; peu visibles, légèrement plus cohérentes, à porosité un peu plus grossière.

Enracinement : racines fines plus abondantes sur les 40 premiers cm, rares ensuite jusqu'à 120 cm - racines plus grosses à rares jusqu'à 120 cm, suivant le trajet des fissures (fissures tous les 100 cm)

L'ensablement sur lequel s'est développé ce sol est peu épais, on en devine la base à l'apparition de graviers de quartz dans le dernier horizon. Cette faible épaisseur, constante dans les sols de cette série est à l'origine de leurs caractères propres qui les distinguent des sols du type DADORIA, soit principalement :

- une plus grande richesse en éléments fins, due au mélange, lors de la mise en place, des sables éoliens avec les produits issus des grès argileux sous-jacents

- une nette structuration, ainsi qu'un léger colmatage de l'horizon profond, dû à la présence proche du substrat peu perméable. Cette structure se manifeste en particulier par la présence d'agrégats durcis.

La rubéfaction du troisième horizon par rapport à la base du profil est peu visible et n'apparaît pas au code ; l'analyse montre cependant qu'il constitue un horizon d'accumulation faible mais constante du fer.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles, du même ordre de grandeur que celles observées dans les autres sols ferrugineux lessivés en fer. Le C/N est le plus souvent supérieur à 10.

Texture :

La texture est très sableuse en surface (A + L = 2 à 6 %). Le taux d'éléments fins augmente ensuite assez rapidement dans le deuxième horizon (9 à 10 %) pour croître ensuite plus lentement jusqu'à la base du profil. On ne peut donc définir l'horizon d'accumulation d'argile.

Sesquioxides

Le taux de fer libre est minimum en surface, il présente un léger maximum dans le troisième horizon ; il en est de même pour le rapport fer libre / fer total. Ceci confirme un lessivage du fer indépendant des variations texturales.

Complexe absorbant

Le pH est acide dès la surface (5,3), il décroît encore dans le deuxième horizon puis reste sensiblement constant. Par contre, le coefficient de saturation minimum dans l'horizon rougi augmente légèrement à la base, du profil. La capacité d'échange reste basse (inférieure à 1,5 meq), malgré les taux d'éléments fins non négligeables ; la somme des bases échangeables n'est pas supérieure à celles observées sur sables éoliens purs, elle semble même inférieure, mais le nombre de résultats est insuffisant pour en juger. Les teneurs relatives moyennes en bases échangeables sont les suivantes :

Surface : Ca = 12 ; Mg = 9 ; K = 1 ; Na = 1,2
 Profondeur : Ca = 12 ; Mg = 13 ; K = 1 ; Na = 1,7

Ces données traduisent une insuffisance en calcium et potassium, qui s'accuse en profondeur.

Fertilité chimique :

Les taux d'argile sont compris entre 0,09 et 0,15 ‰, ceux de phosphore entre 0,16 ‰, et 0,27 ‰, l'équilibre est en faveur de ce dernier élément. La fertilité chimique est basse.

c) Utilisation

Ces sols conviennent à la culture du mil, et, dans leur partie méridionale, à celle de l'arachide, ils présentent toutefois une tendance fréquente à l'encroûtement superficiel, qui nécessite alors pour cette dernière culture un travail du sol plus soigné. La texture un peu plus argileuse des horizons profonds augmente les réserves en eau de ces sols ; l'eau utile atteint 2 % pour 17 % d'éléments fins. Ils semblent également bien résister à l'érosion hydrique, malgré l'existence en haut de pente de surfaces de ruissellement constituées par les affleurements de grès. La fertilité réduite ne permet cependant d'escompter que de faibles rendements en culture traditionnelle.

d) Répartition

Ces sols se développent sur les versants ensablés du massif gréseux qui s'étend entre ILLELA et BIRNI N'KONNI.

TABLEAU I4

PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SERIE DE DAN GONA

		Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u>	en surface	0,26	0,19	0,21
	vers 50 cm	0,19	0,12	0,16
	dans l'horizon profond	0,16	0,09	0,12
<u>C/N</u>	en surface	14,3	9,5	11,5
<u>A + L %</u>	en surface	6,4	2,5	4,3
	dans l'horizon rougi	15,5	8,7	13,0
	ds l'horizon profond	16,9	10,7	14,8
<u>Fer libre %</u>	en surface	7,3	4,8	6,0
	dans l'horizon rougi	9,2	7,9	8,7
	ds l'horizon profond	8,2	6,3	7,6
<u>Fer libre / Fer total</u>	en surface	78	64	76
	dans l'horizon rougi	87	83	84
	dans l'horizon profond	80	34	62
<u>pH</u>	en surface	5,7	5,0	5,3
	dans l'horizon rougi	5,1	4,6	4,9
	ds l'horizon profond	5,1	4,6	4,9
<u>Somme des bases échangeables en meq</u>	en surface			0,70
	dans l'horizon rougi	/	/	0,63 (I)
	ds l'horizon profond			0,67
<u>Coefficient de saturation</u>	en surface			0,61
	ds l'horizon rougi	/	/	0,48 (I)
	ds l'horizon profond			0,59
<u>Equilibre des bases</u>				
Ca + Mg/K + Na	(Surface	7	-	9
	(profondeur	7	-	10
Ca/Mg	(Surface	0,8	-	2
	(profondeur	0,8	-	1,1
K/Na	(Surface	0,5	-	2
	(profondeur	0,4	-	0,6

(I) la valeur moyenne est seule donné lorsque le nombre de résultats est insuffisant.

214 - SERIE DE SAMIA ANDI

Ces sols sont l'équivalent un peu plus méridional de la série de BELBEDJI (sols brun rouge à raies) ; ils s'en distinguent par l'appartenance de caractères propres aux sols ferrugineux lessivés en fer, soit principalement la décoloration et l'épaisseur plus grande des horizons supérieurs. Le profil type (ND 51) peut se résumer ainsi :

- un horizon supérieur épais de 20 à 25 cm, faiblement humifère, gris beige (10 YR 5/2), sableux, très peu structuré, strié, très poreux
- un horizon un peu plus clair (10 YR 5,5/3) de même épaisseur également strié et sableux, à cohésion légèrement plus forte, débit un peu plus mamelonné, très poreux.
- un horizon beige ocre, le plus coloré (7,5 YR 5/4), dans lequel apparaissent des raies ocres, fines à la partie supérieure, s'épaississant vers la base ; la porosité est un peu plus faible, la cohésion moyenne
- un horizon à décoloration progressive, parcouru de raies ocres épaisses (5 cm)

Les propriétés analytiques caractérisent également la variation climatique ; le pH de surface est légèrement acide (6,3), il décroît en profondeur (5,3) ; la somme des bases échangeables est un peu plus favorable que pour la série de BELBEDJI (1,5 meq) ; l'équilibre des bases est normal.

Ces sols sont peu étendus ; on les observe dans la région de SAMIA ANDI, sur une formation sableuse à modelé très peu accusé, formant une vaste plaine déprimée, parcourue de rides basses ; Ils bordent une partie du cours, très peu visible, d'un affluent droit du goulbi N'KABA. Leur localisation climatique (450 à 500 mm) ainsi que leur texture très sableuse, en font des terres à mil, avec possibilité de culture de l'arachide dans les zones les plus déprimées.

B 2 - 22 - FAMILLE SUR LA FORMATION A SABLES FAIBLEMENT ARGILEUX DE MARADI

La formation sableuse de MARADI constitue une unité régionale bien individualisée dont le caractère morphologique le plus visible réside dans la teinte très rouge des matériaux qui la composent. Son extension recouvre, tout en la débordant largement vers le Nord, la formation alluviale à sables argileux rouges et galets du quaternaire ancien de MARADI ; l'analogie des teintes, la délimitation très nette de cette formation, le passage continu de l'une à l'autre parfois observé, ainsi que l'homogénéité de certains caractères analytiques, nous amènent à penser que ces matériaux sont issus par divers remaniements successifs de ces alluvions anciennes. Le premier de ces remaniements d'origine hydrique, aurait donné des placages sablo-argileux, dont il reste

... des témoins dans la région de KOUROUNGOUSA, et qui portent des profils fortement différenciés, vraisemblablement les plus anciens (voir série de KOUROUNGOUSA). Lors des diverses phases éoliennes, ces matériaux ont été repris pour donner naissance à la formation sableuse de MARADI. Vers le Sud, en bordure de la zone d'affleurement des alluvions quaternaires, et les recouvrant partiellement, cette formation est peu épaisse, d'aspect érodé, et porte les sols constituant la série de MADAROUNFA. Plus au Nord elle s'épaissit et prend un aspect éolien variablement accusé ; on y distingue deux types de sols assez voisins, qui diffèrent par le degré de différenciation de leur profil, et constituent les séries de MARADI et de WAKASOU.

Les sols des vallées de cette même région présentent une différenciation morphologique particulière qui a permis de définir la série de GAYAKOLI, que nous étudierons avec les séries de MARADI et de WAKASOU, par suite de l'analogie de leurs propriétés analytiques.

22I - SERIES DE MARADI, DE WAKASOU ET DE GAYAKOLI

a) Morphologie

Le profil type de la série de MARADI (ND 9) a été défini 15 Km au Nord de cette ville, sur une plaine sableuse à modelé faiblement ondulé, sous une savane arborée à *Faidherbia albida*, *Prosopis africana*, *Bauhinia reticulata*. Le tapis herbacé est dense, composé de *Loudetia togoensis*, *Eragrostis tremula*, *Aristida mutabilis*, *Aristida stipoides*, *Andropogon amplexans*, *Cenchrus biflorus* et *Ctenium elegans*.

0-31 cm 7,5 YR 5,5/5 ; beige rosé, plus clair et plus sableux sur les 5 premiers cm, homogène ; texture sableuse à granulométrie très étalée, sables grossiers peu usés souvent à arêtes vives ; structure massive, débit à faces légèrement mamelonnées ; cohésion faible ; porosité variable ; interstitielle, faible, localement forte dans les remplissages de sables blancs, plus fine et réduite en surface ; nombreux trous d'insectes.

31-53 cm 5 YR 5,5/6 ; transition nette, contraste faible ; brun rosé clair, hétérogène ; raies rouge violacé (e = 0,5 cm - d = 15 cm) sinueuses ; subhorizontales ; texture sableuse ; structure massive, débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne à faible avec quelques noyaux plus durs, porosité tubulaire (0,5 mm) ; légèrement plus dur que l'horizon précédent.

53-71 cm 2,5 YR 5/6 ; horizon de transition plus rougi, présence de raies distantes de 10 à 15 cm

7I-I45 cm 2,5 YR 5,5/8 ; plus rouge, jaune rouge, hétérogène ; raies distantes de 7 cm d'un rouge violacé ; texture plus argileuse restant sableuse ; structure massive, débit à faces mamelonnées cohésion moyenne à faible ; porosité semi tubulaire fine (I/4 mm)

I45-2IO cm 2,5 YR 5/8 ; transition progressive, contraste faible ; rouge jaune hétérogène ; raies à contraste fort, limite peu nette ; même texture ; structure à tendance polyédrique (I à 2 cm) cohésion moyenne supérieure à celle de l'horizon précédent ; porosité fine semi-tubulaire ; horizon plus dur que le précédent

Enracinement : racines très fines et verticales jusqu'à 3I cm puis quelques radicelles jusqu'à I45 mm

L'ensemble du profil est fortement rougi, la décoloration superficielle est peu accusée mais profonde (53 cm) elle peut être plus accusée et la teinte de l'horizon rougi se situer dans la planche IO YR, ces variations étant vraisemblablement fonction de la topographie locale. La différenciation structurale presque nulle en surface, croît vers la base du profil, elle est maximum dans le dernier horizon. Le matériau n'est de ce fait, pas atteint à 2 m.

On note la présence de raies bien visibles jusqu'à la base du profil et qui constituent un caractère constant de la série.

Certains profils (ND IO) montrent une légère décoloration de l'horizon profond faiblement marbré par suite d'un drainage interne un peu moins bon.

Le modelé éolien, à peine distinct dans le site de ND 9, s'accuse vers l'Est et l'on observe, sur les dunes les mieux marquées, les profils qui définissent la série de WAKASOU. Le profil ND 34 a été observé à I,5 Km au Nord de GIDAN TCHADOU, sur le versant Nord d'une vaste dépression à modelé en buttes très allongées (longueur 500 m, hauteur 2 à 3 m). La végétation est du type savane arborée à *Boswellia dalzielli*, *Bauhinia reticulata*, quelques *Combretum glutinosum*, *Boscia salicifolia*, *Bombax constatum*. Le tapis est à *Aristida longiflora*, *Ctenium elegans*, *Loudetia togoensis*.

Surface : sables déliés sur 2 cm, nombreux rejets non pulvérents

0-I5 cm IO YR 6,3/5 ; après séchage : 7,5 YR 5/4 ; brun jaune, hétérogène ; taches plus grises ; texture sableuse ; structure lamellaire au sommet, localement nuciforme, massive à débit cubique, cohésion faible ; porosité interstitielle fine très développée, nombreux trous d'insectes, riche en sables déliés.

- I5-32 cm 7,5 YR 6,5/4 ; contraste faible, transition sur 5 cm : brun jaune hétérogène ; remplissages rouge clair, nombreuses stries horizontales très fines et flexueuses (moins de 1mm) passant à de fines raies ferruginisées à la base ; texture très sableuse ; structure massive à débit cubique ; cohésion faible ; porosité interstitielle de même nature que ci-dessus
- 32-68 cm 7,5 YR 6/5 ; après séchage ; 7,5 YR 5,5/4 ; contraste faible, transition sur 5 cm ; beige rosé, très hétérogène ; raies brun rouge violacé (e = 4 mm - d = 5 à 9 cm) à limite supérieure plus fine - remplissages de sables blancs - remplissages rouge clair, linéaires, souvent horizontaux - plages plus ocre que le fond, très nombreuses à contours diffus et contraste faible - stries d'un deuxième type, peu flexueuses, souvent rectilinéaires, d'orientation variable, semblant parfois formées par des lits très fins à texture très fine ; texture très sableuse, structure massive débit mamelonné, cohésion moyenne ; porosité de même type plus grossière.
- 68-145 cm 5 YR 5,5/6 ; après séchage : 5 YR 5,5/6 ; contraste moyen transition sur 10 cm ; rouge jaune clair, hétérogène ; petites zones plus rouges (5mm) à contraste moyen - raies plus épaisses (e = 7 mm - d = 7 à 10 cm), rouge brun foncé, à cohésion moyenne ; texture sableuse ; structure massive, débit mamelonné cohésion un peu plus faible que ci-dessus ; porosité semi-tubulaire moyenne, nombreuses zones compactes
- I45-195 5 YR 5,5/8 ; contraste faible transition sur 15 cm ; à peine plus rouge et plus homogène ; pas de raies visibles, toutefois la couleur reste inégalement répartie, stries linéaires encore visibles ; texture sableuse, structure massive, débit faiblement mamelonné, cohésion faible ; porosité tubulaire, fine, réduite.
- I95-205 5 YR 6/8 ; après séchage : 5 YR 5,5/8 ; contraste faible, transition sur 20 cm, légèrement plus jaune ; texture très sableuse, structure massive, débit très régulier, cohésion faible ; porosité interstitielle ; quelques pores fins encore visibles

Enracinement : chevelu ramifié, abondant sur les 15 premiers cm, nombreuses radicelles verticales jusqu'à 60 cm, présente jusqu'à la base du profil

Ce sol est voisin de ceux observés sur ergs anciens ; la différenciation structurale ne se manifeste que par des variations de la porosité en taille et développement, maximum vers 40 cm ; les raies moins nombreuses et épaisses sont localisées dans les horizons décolorés, elles sont d'ailleurs parfois absentes. Le matériau est atteint vers 2m, c'est un sable bien calibré.

Dans la même région, mais en interdune, on observe fréquemment des sols à profil analogue à ceux de la série de MARADI (profil ND 47) à structure différenciée, maximum en profondeur, raies plus développées, taux d'éléments fins croissant vers la base du profil. On peut les interpréter soit comme des sols de bas de chaîne, à accumulation par lessivage oblique d'éléments fins et de sesquioxydes venus des sites plus élevés, soit comme des sols plus anciens, antérieurs au remaniement qui est à l'origine du modelé dunaire actuel et sur lequel se développe la série de WAKASOU ; en fait, le tri des sables d'interdune (écart type moyen = 2,77) est beaucoup plus voisin que celui des sables de dune (écart type moyen = 2,44) que de celui du matériau de la série de MARADI à granulométrie très étalée (écart type moyen = 4,4) ; ceci tend à prouver l'homogénéité de la formation dunaire et confirmer la première hypothèse.

Dans les vallées sèches situées dans la zone d'extension de la formation sableuse de MARADI, ainsi que sur les versants amont des goulbi de MARADI et N'BONSOUROU, on observe des sols contrastant avec ceux des séries précédentes par une décoloration plus accentuée des horizons supérieurs et un horizon B de teinte jaune ocre, qui définissent la série de GAYAKOLI. Le profil NE 74 en donne un exemple.

surface : sables déliés - rejets rosés

- 0-20 cm IO YR 5,5/3 ; gris beige homogène ; texture sableuse hétérogène ; structure massive, débit régulier, cohésion faible à moyenne ; porosité interstitielle assez fine moyennement développée
- 20-47 cm IO YR 6/25 ; contraste faible, transition sur 10 cm ; beige ocre hétérogène ; présence de raies rouge ocre (e = 2 à 3 mm - d = 10 - 15 cm) ; texture sableuse hétérogène ; sables assez fins ; structure massive, débit à faces assez mamelonnées ; porosité interstitielle plus grossière bien développée
- 47-140 cm Entre 7,5 YR 6/4 et IO YR 6/4 : contraste moyen ; ocre jaune hétérogène ; raies de même teinte que ci-dessus mais plus épaisses texture sableuse moins hétérogène ; structure massive débit à faces mamelonnées, cohésion faible (humide) ; porosité interstitielle irrégulière, dans l'ensemble assez bien développée
- 140-220 cm Entre 7,5 YR 5,5/8 et IO YR 5,5/8 ; sables jaunes légèrement ocre, bien triés malgré quelques sables grossiers.

Cette décoloration du profil est fréquemment observée en bas de chaîne à sols ferrugineux lessivés en fer ; on l'attribue à l'accroissement de la percolation par apports par ruissellement et drainage oblique. Nous l'avons également constatée, mais à une moindre échelle dans l'étude de la série de TANTCHIA. Ces sols prennent ici une grande extension à la faveur des vastes dépressions que constituent les vallées, qui, bien que pour la plupart non actives, collectent les eaux s'écoulant, par circulation superficielle ou interne, des sols bien drainés, de leur bassin.

Dans ces mêmes vallées, mais correspondant semble-t-il à des superficies plus réduites, il existe des sols également décolorés en surface, mais dont les horizons profonds sont nettement enrichis en argile, ce qui entraîne un drainage vertical, réduit, provoquant la formation de marbrures ou de concrétions (ND 6). Nous les avons observés principalement dans la vallée de DAN ISA ainsi que dans la partie amont du versant gauche du goulbi N'BONSOUROU.

b) Propriétés analytiques

I°/ Sols à drainage normal, séries de MARADI et de WAKASOU

Les propriétés analytiques de ces deux séries diffèrent surtout par les taux d'éléments fins et leurs variations. Les sols d'interdune de la série de WAKASOU ont des propriétés analytiques identiques à celles de MARADI, pour cette raison, nous les avons regroupées dans le tableau I4.

Matière organique

Ces sols sont pauvres en matière organique très évoluée. Les rapports C/N sont remarquablement bas, ce qui est attribuable à une intense exploitation qui accélère la combustion de la matière organique et limite les apports.

Texture

Les sols de la série de WAKASOU sont les plus sableux, les taux d'éléments fins sont minimum en surface, puis restent ensuite sensiblement constants dans le profil. Les sols de la série de MARADI présentent la même pauvreté superficielle, mais les taux croissent jusqu'à la base du profil dans lequel on ne peut définir d'horizon d'accumulation, n'ayant jamais atteint le matériau

Sesquioxides

Les teneurs en fer libre et le rapport fer libre / fer total, accusent un léger maximum dans le troisième horizon pour la série de WAKASOU, traduisant une légère accumulation du fer. Il n'en est pas de même pour la série de MARADI, où ces éléments croissent jusqu'à la base du profil, en même temps que les taux d'éléments fins.

Complexe absorbant :

Ces sols sont moyennement désaturés en surface; la désaturation augmente avec la profondeur, en même temps que le pH décroît. Les réserves en éléments échangeables sont faibles et ne sont pas améliorées dans les horizons les plus riches en éléments fins, la capacité d'échange restant très basse (inférieure à 2 meq). L'équilibre des bases montre un fort déséquilibre du calcium en faveur du Magnésium ; ce déséquilibre ne se manifeste pas toujours en surface, mais il apparaît constamment dès le deuxième horizon. On le retrouve avec la même régularité dans tous les sols sur matériaux issus des alluvions quaternaires anciennes de MARADI (séries de MADAROUNFA et KOUROUNGOUSA) . Dans les alluvions elles-mêmes, il se manifeste mais de façon moins accentuée (rapport Ca/Mg de l'ordre de 1)

On constate également une nette carence en Potassium, dont 9 fois sur 10, les taux ne dépassent pas 0,02 Meq pour 100 g de sol, alors que les teneurs nécessaires à une fertilité convenable sont de 0,1 Meq

Fertilité chimique

Les teneurs en azote et phosphore sont très faibles N = 0,11 à 0,21 ‰, moyenne 0,16 ‰, P_2O_5 = 0,06 à 0,30 ‰, moyenne 0,17 ‰. La fertilité chimique est basse

Propriétés physiques

Elles sont identiques à celles observées dans les sols sur ergs anciens, la perméabilité de l'ordre de 2 cm/h en surface, croît avec la profondeur en même temps que la stabilité structurale diminue.

2°/ Sols à drainage particulier, série de GAYAKOLI et sols associés

Il n'a pas été possible de distinguer analytiquement les sols décolorés des vallées des sols à profil rougi et drainage normal. Les résultats analytiques obtenues pour des sols de la série de GAYAKOLI s'intègrent parfaitement entre les valeurs extrêmes notées pour la série de WAKASOU, avec toutefois des teneurs en matière organique paraissant un peu plus élevées (0,30 ‰). Les sols à marbrures et à concrétions sont par contre plus proches de la série de MARADI.

c) Utilisation

Ces sols constituent l'essentiel des terres à arachide de la région de MARADI, principale région productrice du NIGER Central. Ils sont intensément cultivés ; on peut estimer à plus de 60 ‰ de la surface totale la superficie exploitée annuellement, pourcentage encore plus élevé pour les sols des vallées, favorisés par une alimentation en eau accrue par leur position topographique basse ; la durée des jachères est donc nettement insuffisante pour que celles-ci soient efficaces.

Ces sols sont parvenus à un degré d'épuisement assez avancé, qui se manifeste par des réserves organiques particulièrement faibles, des teneurs en phosphore total dont les minima peuvent atteindre des valeurs rarement observées (0,06 ‰) et le déséquilibre du complexe absorbant signalé plus haut. Il n'est vraisemblablement pas possible d'accroître la durée des jachères par suite de la densité de la population et surtout parce que ces sols sont les terres à arachide les plus méridionales, donc les mieux arrosées du NIGER Central. Leur régénération doit porter en premier lieu sur la reconstitution du stock organique. Des amendements minéraux seront ensuite nécessaires pour corriger les carences très accusées en Potassium, Calcium et Phosphore, mais les doses et les proportions en chaque éléments ne pourront être déterminées que par des essais agronomiques.

d) Extension

Ces sols s'étendent à l'Est et au Nord Est du goulbi de MARADI, jusqu'au goulbi N'KABA qu'ils débordent assez largement vers le Nord. La série de MARADI n'a pu être dissociée de la série de WAKASOU et a été cartographiée en association avec elle ; vers le Nord et vers le Sud-Est de la zone d'extension de ces sols, le modelé éolien devient plus accusé, l'ensablement s'épaissit, et l'on n'observe plus que des sols du type WAKASOU. Les sols décolorés de vallée (série de GAYAKOLI et sols associés) ont été cartographiés isolément lorsque leur extension le permet.

TABLEAU 15

PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SERIES DE MARADI ET DE WAKASOU

		Série de WAKASOU			Série de MARADI et sols d'interdune de la série de W A K A S O U		
		Maxi.	Minim.	Moyen.	Maxi.	Minim.	Moyen.
Matière organique %	en surface	0,26	0,21	0,24	0,26	0,20	0,24
	vers 50 cm	0,15	0,10	0,13	0,12	0,09	0,11
	ds l'horizon profond	0,11	0,07	0,08	0,10	0,07	0,09
C/N	en surface	10	6,8	8,1	10	6,7	8,0
A + L %	en surface	4,8	2,7	3,6	3,5	2,3	3,0
	ds le troisième horiz.	6,0	5,5	5,1	8,5	5,5	7,0
	ds l'horizon profond	6,4	4,5	5,3	11,0	8,3	9,3
Fer libre %	en surface	4,2	2,8	3,5	3,9	2,3	3,0
	ds le troisième horiz.	6,8	3,1	5,0	6,2	4,3	5,4
	ds l'horizon profond	6,5	3,0	4,6	6,9	5,7	6,4
Fer libre / Fertotal	en surface	0,88	0,68	0,80	0,69	0,42	0,55
	ds le Troisième horiz.	0,90	0,72	0,82	0,74	0,59	0,69
	ds l'horizon profond	0,83	0,67	0,73	0,81	0,59	0,74
Somme des bases éch. en meq	, en surface	1,16	0,89	1,04	1,24	0,49	0,85
	ds le troisième horiz.	1,30	0,67	0,97	0,93	0,43	0,70
	ds l'horizon profond	1,35	0,64	1,0	1,16	0,56	0,78
Coefficient de saturation	en surface	0,89	0,71	0,78	0,90	0,48	0,70
	ds le troisième horiz.	0,68	0,52	0,61	0,62	0,40	0,50
	ds l'horizon profond	0,71	0,58	0,63	0,55	0,37	0,46
pH	en surface	6,4	6,0	6,1	6,2	5,7	6,0
	ds le troisième horiz.	5,6	4,7	5,3	5,3	5,0	5,1
	ds l'horizon profond	5,7	4,5	5,2	5,7	5,0	5,2
Equilibre des bases	Ca + Mg / K + Na						
	surface	22	7	14	61	20	38
	profond.	31	4	12	38	4	24
Ca/Mg	surface	2	0,5	1	1,8	0,6	1,5
	profond.	0,9	0,2	0,4	0,6	0,5	0,5
K/Na	surface	4	0,9	2	2	1	1,5
	profond.	3	0,2	1,2	4	0,5	2,1

222 - SERIE DE MADAROUNFA

a) Morphologie

Le profil ND 2I a été décrit 3 km au SE de TAKORKA, sur un petit plateau ensablé, à surface faiblement mais nettement ondulée. La végétation est une savane boisée à *Combretum glutinosum*, *Poupartia birrea*, *Prosopis africana*, quelques *Butyrospermum parkii*. Le tapis est assez dense, à base de *Loudetia togoensis*, *Cochlospermum tinctorium*.

surface : très peu encroûtée, sables déliés sur 1 cm, nombreux rejets brun rouge ; buttes au pied des arbustes, quelques grosses termitières

- 0-14 cm 7,5 YR 5,5/5 ; beige rosé, couleur homogène avec stries de même teinte, texture très sableuse, sables moyens presque calibrés, structure grossièrement feuilletée sur les 5 premiers cm, devenant massive à débit cubique en profondeur, cohésion faible à moyenne ; porosité interstitielle moyenne au sommet d'assemblage de grains à la base, nombreux trous d'insectes au sommet.
- 14-58 cm 5 YR 5/6 ; contraste moyen, transition sur 3 à 4 cm ; ocre rosé, hétérogène ; quelques remplissages plus rouges ; même texture ; structure massive, débit à faces très mamelonnées, cohésion moyenne plus forte que ci-dessus ; porosité interstitielle fine (0,25 mm) bien développée ; une raie de 0,5 mm à faible contraste
- 58-92 cm 2,5 YR 4/5 ; transition très diffuse, contraste à peu près nul ; rouge clair, hétérogène, remplissages beige jaunâtre ; texture sableuse très légèrement argileuse ; structure polyédrique (3 cm) en assemblage compact, faces très rugueuses cohésion moyenne, quelques agrégats plus cohérents ; porosité semi-tubulaire moyennement développée, plus grossière que dans l'horizon précédent ; dureté de l'horizon, moyenne, plus forte que ci-dessus.
- 92-180 cm 2,5 YR 4,5/8 ; transition très diffuse, contraste nul, rouge clair plus vif ; même texture ; structure massive à débit de plus en plus régulier vers la base, cohésion moyenne à faible, moins agrégé que l'horizon ci-dessus ; porosité de même type, plus fine et plus réduite

Enracinement : chevelu oblique sur 5 cm, vertical jusqu'à 37 cm ; concentration de racines (\varnothing 1 cm) de 20 à 60 cm ; quelques radicelles jusqu'à la base du profil.

Le profil est dans l'ensemble très rouge, légèrement et progressivement décoloré sur plus de 50 cm ; on ne distingue pas de niveau de rubéfaction maximum. Le troisième horizon constitue l'amorce d'un horizon B structural, la structure y est polyédrique ; ceci est d'autant plus remarquable que l'on ne peut définir d'horizon d'accumulation d'argile, le taux d'éléments fins croissant progressivement vers la base du profil ; de même le rapport fer libre / fer total, n'accuse qu'une faible accumulation, à peine significative dans cet horizon.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont assez faibles, mais plus élevés que dans les deux séries précédentes ; il en est de même du rapport C/N on peut attribuer cela à ce que les sols sont incultes

Texture

Les taux d'éléments fins, faibles en surface, augmentent rapidement dans le deuxième horizon, puis croissent progressivement jusqu'à la base du profil où ils atteignent des valeurs plus élevées que dans la série de MARADI (14 % contre 9 % en moyenne)

Sesquioxydes

Les teneurs en fer libre varient parallèlement à ceux d'éléments fins le rapport fer libre / fer total montre cependant un léger maximum dans le troisième horizon.

Complexe absorbant

Ces sols sont acides dès la surface, (PH = 5,8) malgré un taux de saturation qui n'est pas très bas (0,70). La désaturation s'accroît par contre fortement dans l'horizon B pour diminuer ensuite légèrement, ce qui correspond cependant à une appréciable augmentation du taux de bases échangeables en profondeur.

Les teneurs moyennes en cations échangeables sont les suivantes (valeurs relatives)

Surface : Ca = 10 ; Mg = 15 ; K = 1 ; Na = 3
 profond. : Ca = 12 ; Mg = 24 ; K = 1 ; Na = 10

On notera le déséquilibre Calcium-Magnésium, et la forte carence relative en Potassium qui s'accroît considérablement en profondeur, plus d'ailleurs par augmentation des taux de Sodium échangeable que par baisse de ceux de Potassium, qui sont cependant toujours insuffisants.

Fertilité chimique

Les teneurs en azote sont moins faibles que dans les deux séries précédentes (0,15 à 0,25 ‰, moyenne 0,22), ceux de phosphore sont très irrégulières ; 0,13 à 0,80 ‰. La fertilité chimique reste basse.

Propriétés physiques

La perméabilité est bonne, elle croît de 2 à 5 cm/h de la surface vers la base du profil ; la stabilité structurale est moyenne.

c) Utilisation

Ces sols sont pratiquement incultes, on y observe quelques rares champs de mil. La raison de cette désaffectation nous échappe ; leurs propriétés analytiques mise à part une déficience relative plus accentuée en Potassium, ne sont pas plus défavorables que celles des séries de WAKASOU et de MARADI ; il est possible que se manifeste une carence en oligoéléments à rechercher par des analyses spéciales. Ils sont assez sensibles à l'érosion hydrique et manifestent une tendance fréquente à l'encroûtement, mais on peut pallier à ces inconvénients par un travail approprié du sol.

Leurs propriétés physiques - texture et perméabilité - sont favorables à la culture du mil et de l'arachide. Ces sols manquent cependant parfois d'épaisseur, leur développement pouvant être limité par des niveaux à galets du quaternaire ancien de MARADI.

d) Répartition

Ces sols forment au Sud de la province de MARADI, une large bande interrompue seulement par les vallées. Ils sont situés sur l'ancienne surface d'aplanissement, plateau ou versant à faible pente ; sur laquelle se sont déposées les alluvions anciennes, dont ils bordent vers le Nord la zone d'affleurement. Leur végétation la plus typique est la savane boisée à *Boswellia dalzielii*, mais ils peuvent également porter un bush dense à *Combretum nigricans*.

TABLEAU I6

PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SERIE DE MARAROUNFA

	Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u> en surface	0,35	0,31	0,33
vers 50 cm	0,21	0,17	0,19
vers 2 m	-	-	0,15
<u>C/N</u> en surface	12	7,7	9,5
<u>A + L %</u> en surface	5,5	2,8	3,0
dans le 3ème horizon	16,7	9,0	11,8
vers 2 m	19	10,5	13
<u>Fer libre %</u> en surface	5,0	4,7	4,9
dans le 3ème horizon	13,0	7,1	9,4
vers 2 m	15,0	10,5	12,2
<u>Fer libre/Fer total</u> en surface	0,78	0,67	0,72
dans le 3ème horizon	0,82	0,77	0,80
vers 2 m	0,80	0,72	0,78
<u>pH</u> en surface	6,3	5,4	5,8
dans le 3ème horizon	5,6	4,9	5,3
vers 2 m	5,5	5,3	5,3
<u>Somme des bases échangeables</u>			
en surface	1,19	0,87	0,95
dans le 3ème horizon	1,09	1,03	1,04
vers 2 m	2,27	1,37	1,5
<u>Coefficient de saturation</u>			
en surface	85	58	70
dans le 3ème horizon	64	40	51
vers 2 m	78	42	55
<u>Equilibre des bases</u>			
Ca + MG/Na+K (surface	4	-	9
(profondeur	4	-	5,5
Ca/Mg (surface	0,9	-	1
(profondeur	0,4	-	0,8
K/Na (surface	0,3	-	0,5
(profondeur	0,06	-	0,13

B 2 - 3 - SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER A MARBRURES SUR LA FORMATION
SABLEUSE DES ERGS ANCIENS

B 2 - 3I SERIE DE SOULOULOU

a) Morphologie

Le profil NE 9 a été observé 9 Km au Nord de SOULOULOU sur un ensablement à modelé en vastes buttes peu élevées. La végétation est une savane à Poupertia birrea, Acacia senegal, Guiera senegalensis ; le tapis graminéen est composé d'Andropogon pulchellum et d'Aristida mutabilis

Surface : croûte noirâtre, sables triés, rejets, surfaces décapées arrondies

- 0-5 cm IO YR 5/4 ; brun hétérogène, remplissage plus gris ; texture sableuse moyennement hétérogène ; structure très massive, débit horizontal, cohésion moyenne ; compact en dehors de quelques remplissages
- 5-15 Cm Entre 7,5 YR 6/4 et IO YR 6/4 ; contraste faible, transition nette, ocre assez homogène ; texture sableuse ; structure massive, débit peu anguleux, cohésion moyenne peu agrégé ; porosité interstitielle fine, moyennement développée.
- I5-40 cm 7,5 YR 5/6 ; contraste fort, transition sur IO cm ; ocre très vif, raies assez homogène (e = I cm - d = I5 cm) plus foncées à contraste moyen ; texture sableuse riche en sables grossiers roulés (I/2 mm) structure massive, débit très anguleux, cohésion moyenne à forte ; bonne porosité semi-tubulaire (I/2 mm), irrégulièrement développée
- 40-90 cm 5 YR 5/6 contraste très faible ; transition sur 20 cm ; un peu plus pâle, faiblement hétérogène ; quelques zones plus rougies à contraste faible, plus ou moins linéaires ; texture un peu plus argileuse ; structure polyédrique (I à 2 cm) en assemblage excessivement compact, cohésion forte, porosité tubulaire inégalement développée (I/2 mm)
- 90-120 cm Contraste moyen, transition sur 20 cm ; beige ocre, hétérogène remplissages noir métallique, pulvérulents, à pores fins - très nombreuses petites taches rouge vif (I/2 mm) texture sableuse à sablo-argileuse, structure massive, débit polyédrique (5 cm) cohésion forte ; porosité encore plus réduite que ci-dessus, très compact.
- I24-I60 cm IO YR 6/4 ; contraste faible ; transition sur 30 cm ; beige grisâtre à zones plus ocrées, plus nombreuses, diffuses, riches en remplissages agrégés gris ; même texture, riche en sables

grossiers ; structure très massive ; horizon colmaté pores de 1 mm, çà et là ; horizon très dur et cohérent.

Enracinement : abondant sur les 10 premiers cm, non visibles ensuite

Ces sols diffèrent des sols ferrugineux lessivés en fer typiques par des variations texturales plus importantes, dues vraisemblablement à un matériau initialement plus riche en éléments fins. L'accroissement du taux d'argile en profondeur entraîne un léger colmatage, qui se traduit dès 40 cm par l'apparition de marbrures ou taches diffuses plus rouges, une porosité de type tubulaire irrégulière et relativement réduite, le maximum de compacité se situant dans l'horizon profond. On distingue un horizon B structural (40-124 cm) polyédrique en assemblage compact, qui n'est pas toujours plus argileux que les horizons sous-jacents et correspond donc seulement à la partie supérieure de l'horizon illuvial.

Certains profils sont fortement tronqués (NF I6) par l'érosion hydrique dont les manifestations sont toujours visibles à la surface de ces sols (érosion en nappe) ; le niveau marbré est alors plus proche de la surface (20 à 30 cm) ; les horizons supérieurs sont également les plus argileux, par suite de la mise en affleurement de l'horizon illuvial.

b) Propriétés analytiques

Les taux de matière organique sont faibles à moyens en surface (0,20 à 0,65 %) avec un C/N de l'ordre de 10

La texture est sableuse en surface (sauf dans les profils tronqués) le taux d'éléments fins croît assez progressivement avec la profondeur, avec un maximum peu accusé (A + L = 12 à 18 %) qui se situe soit dans l'horizon structuré, soit à la base du profil. La granulométrie des sables est typiquement celle des ergs anciens orientaux, ce qui, avec le modelé des formations sableuses correspondantes, confirme l'origine éolienne du matériau. L'enrichissement en éléments fins est vraisemblablement dû à un mélange avec les produits d'altération des grès finement sablo-argileux du Maestrichtien sous-jacent ; enrichissement que l'on peut comparer à celui des sols de la série de TAKORKA contigüe.

Les taux de fer libre varient parallèlement à ceux d'éléments fins, avec toutefois un maximum relatif (rapport fer libre / fer total) fréquent en surface, ce qui explique difficilement autrement que par le décapage par l'érosion des horizons lessivés en fer.

Le pH faiblement acide en surface (6,0 - 6,3) varie irrégulièrement dans le profil, le minimum se situant toutefois le plus souvent dans l'horizon B structural (6 - 4,8). Le taux de saturation varie parallèlement de 0,90 à 0,51. Les teneurs en bases échangeables sont assez favorables souvent supé-

..... rieures à 2 meq pour 100 g de terre, l'équilibre des bases est normal, les teneurs relatives moyennes sont les suivantes (en surface)

Ca = 10 ; Mg = 5 ; K = 1 ; Na = 0,1

On notera d'assez bonnes teneurs relatives et absolues en Potassium

$\frac{K}{Na} = 3$ & 10 K meq pour 100 g de sol = 0,07 à 0,1

Les teneurs en azote sont faibles à moyenne (0,17 à 0,42 ‰), le phosphore est toujours déficient (0,13 à 0,19 ‰). La fertilité est cependant un peu supérieure à celle des sols ferrugineux lessivés en fer typiques.

La perméabilité faible dès la surface (1 cm/h) décroît en profondeur, ce qui confirme la réduction verticale du drainage. La texture plus fine accroît par contre la capacité de rétention et l'eau utile (1,5 à 2,3 ‰)

c) Utilisation

Ces sols sont peu cultivés, probablement par suite de leurs propriétés physiques défavorables de leur tendance au tassement et à l'encroûtement superficiel et de leur sensibilité à l'érosion hydrique. Il est possible de remédier à ces inconvénients, ou, tout au moins de les réduire, par des façons appropriées, ameublissant la couche arable et favorisant la pénétration de l'eau (travail un peu plus profond du sol; léger billonnage isohypse) Ils sont toutefois plus appropriés à la culture du mil et du sorgho qu'à celle de l'arachide

d) Répartition

Ces sols se développent de part et d'autre du cours aval du goulbi N'KABA ; la formation sableuse qui les porte semble s'amincir au Sud de cette vallée, où affleurent les grès maestrichtiens (sols à pseudo-gley de surface, série de SARKAKI). La végétation la plus courante est une savane à *Sclerocaria birrea* et *Commiphora africana*.

B 2 - 4 SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER A CONCRETIONS

B2 - 5I - FAMILLE SUR PLACAGES SABLO-ARGILEUX

5II - SERIE DE KOUROUNGOUSA

a) Morphologie

Le profil ND II est situé à 3,4 km au Nord de KOUROUNGOUSA sur un versant à très faible pente, sous une savane lâchement arborée à *Sclerocaria*

birrea, Bombax costatum, Sterculia setigera, Commiphora africana, avec, en sous-strate Combretum micranthum, guiera senegalensis, Boscia senegalensis, Acacia macrostachia. LE tapis est dense, composé de Ctenium elegans, Loudetia togoensis, Andropogon amplexans, Hyparrhenia sp.

Aspect superficiel : croûte grise ; buttes au pied des arbustes plages décapées autour des buttes

- 0-10 cm 7,5 YR 6,5/4 niveau remanié, aspect horizontalement strié[?] texture sableuse structure massive, se détache en plaques sur les deux premiers cm, débit nuciforme (2 à 3 cm) ; cohésion moyenne à faible ; porosité faible de type interstitielle quelques galeries d'insectes (2 mm) ; horizon peu dur.
- 10-22 cm horizon peu humifère ; transition linéaire, contraste très faible ; beige rosé ; texture sableuse ; structure massive, débit à faces mamelonnées non orientées, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle plus développée
- 22-50 cm 7,5 YR 6/4 ; transition nette soulignée par une raie, contraste moyen ; beige rosé, hétérogène ; raies (e = 0,5 à 1 cm, d = 10 à 15 cm) brun ocre violacé, sinueuses, subhorizontales. remplissages de sables jaunes ; texture sableuse, structure massive ; débit à faces peu mamelonnées non orientées, cohésion moyenne à faible ; porosité plus forte ; de type mixte assez fine (1/4 mm)
- 50-100 cm 5 YR 5,5 /6 ; transition sur 10 cm, contraste fort, rouge clair, hétérogène ; remplissages beiges raies (e = 1 cm, d = 10 - 15 cm) à contraste faible ; texture sablo-argileuse structure à tendance polyédrique (2 cm) faces rugueuses, cohésion forte à très forte ; porosité de type semi-tubulaire (e = 0,5 mm), nombreux canaux de 2 à 3 mm ; plus poreux que l'horizon ci-dessus.
- 100-132 cm 2,5 YR 5,5/6 ; moins rouge, transition peu nette, contraste très faible, même teinte, traînées plus claires, remplissages autour des canaux, petites taches (0,5 mm) ocre rouge à faible contraste ; texture un peu plus argileuse ; structure polyédrique large inférieure à 10 cm, assemblage compact ; porosité réduite, type tubulaire et semi-tubulaire (e = 0,5 mm à 2 mm) ; cohésion forte.
- 132-145 cm 5 YR 5,5/8 ; rouge légèrement plus foncé, hétérogène : mouchetures noires, zones éclaircies, concrétions à fort contraste, d'un diamètre de 1 cm, arrondies, pas d'orientation, répartition non homogène, densité croissante vers la base, brun rouge foncé à mouchetures plus jaunes, pas de cortex, assez dures, écartement d'environ 1 à 2 cm.

Même texture, structure polyédrique (2 cm) en assemblage compact, cohésion très forte, horizon très dur ; porosité faible, tubulaire, fine (0,5 mm) réduite.

enracinement : chevelu important sur les 5 premiers cm, radicelles peu abondantes jusqu'à l'horizon concrétionné

L'homogénéité du profil est probable, sauf en ce qui concerne l'horizon supérieur, visiblement rapporté (limite inférieure linéaire) par colluvionnement. Toutefois les variations verticales de la texture ne sont pas intégralement attribuables au lessivage, mais aussi à la mise en place du matériau, ce que montrent les variations relatives des différentes classes texturales (en particulier, l'augmentation du taux de sables grossiers). Il manque également les microstructures caractéristiques accompagnant les phénomènes de lessivage importants (films argileux, revêtements orientés de pores). Ce sol n'en constitue pas moins un terme de passage aux sols ferrugineux lessivés. Les 3^{ème} et 4^{ème} horizons, horizon B de couleur et de texture, constituent également une amorce de B structural.

Le concrétionnement de la base du profil est attribuable à un engorgement profond dû à la réduction de la porosité

b) Propriétés analytiques

Les taux de matière organique sont faibles (0,20 à 0,23 en surface) le rapport C/N supérieur à 10.

La texture très sableuse jusqu'à 50 cm (A + L = 5 à 7 %) devient ensuite rapidement sablo-argileux (A + L = 20 à 25 %). Le rapport sables fins/sables grossiers est toujours inférieur à 1. Il décroît vers la base du profil.

Le taux de fer libre varie parallèlement à celui d'éléments fins, avec cependant un léger maximum dans l'horizon le plus rougi.

Le complexe absorbant est saturé en surface, le pH restant faiblement acide (6,3). Le taux de saturation et le pH décroissent ensuite vers la base du profil, où ils atteignent des valeurs assez basses (respectivement 0,48 et 5,0). L'équilibre des bases échangeables montre un déséquilibre Ca-Mg dès la surface, qui s'accuse en profondeur ; les teneurs relatives sont les suivantes :

Surface : Ca = 5,5 ; Mg = 6 ; K = 1 ; Na = 0,2
 Profondeur : Ca = 8 ; Mg = 21 ; K = 1 ; Na = 0,4

On note des teneurs convenables en Potassium (0,1 meq pour 100 g de terre). Cependant, par suite de la faible extension de ces sols, nous disposons de trop peu d'observations pour juger de la constance de ces propriétés.

Les taux d'azote sont faibles (0,10 à 0,15 %), en relation avec la pauvreté en matière organique ; le phosphore est mieux représenté (0,30 à 0,90 %). La fertilité chimique est moyenne à faible

La perméabilité, réduite dès la surface (1 cm/h) décroît vers la base du profil en même temps que la stabilité structurale.

c) Utilisation

Ces sols sont peu cultivés] leur imperméabilité et la compacité de l'horizon de surface, les rend peu favorables à la culture de l'arachide. La culture du sorgho est plus adaptée, grâce à la texture assez lourde des horizons profonds.

d) Répartition

Ces sols se développent sur des placages sablo-argileux issus des alluvions du Quaternaire ancien de MARADI, dont ils ont gardé la teinte très rouge, localisés adans la région de KOUROUNGOUSA. Ils se distinguent des sols sur sables éoliens voisins (séries de MARADI et de KORNAKA), par leur modelé plan, leur plus grande sensibilité à l'érosion hydrique (zones décapées), leur végétation riche en espèces caractéristiques des milieux peu perméables (Acacia machrostachia, Combretum micranthum, Boscia senegalensis)

512 - SERIE de GIDAN ROUMJI

a) Morphologie

Le profil NE 6 a été observé 7 km au Nord de GIDAN ROUMJI, sur un plateau faiblement incliné vers le Sud, sous une savane arborée à *Boswellia dalzielii*, *Poupartia birrea*, *Sterculia setigera*, *Commiphora africana*, avec, en sous-strate, *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*, *Acacia machrostachia*, *Randia nilotica*, *Cadaba farinosa*, *Ximenia americana*. Le tapis est clairsemé, à base d'*Andropogon amplexans*.

Surface : croûte noirâtre (2 à 3 mm) continue, sables grossiers déliés et triés, rejets, buttes aux pieds de quelques arbustes.

0-15 cm 7,5 YR 5,5/4 ; brun beige, un peu plus gris sur les 3 Premiers cm, parcouru d'un réticulum grisâtre poreux ; texture très sableuse, hétérogène ; structure massive, débit très faiblement mamelonné, cohésion faible à moyenne, ne sembla pas agrégé ; forte porosité interstitielle fine, pas de traces d'insectes.

- I5-32 cm 5 YR 6/3 ; contraste moyen, transition sur 4 à 5 cm ; beige rosé hétérogène à zones poreuses gris violacé ; texture sableuse très faiblement argileuse ; structure polyédrique assez large (4 à 5 cm) assemblage très compact à surfaces rugueuses, cohésion faible, présence de petits agrégats ; porosité semi-tubulaire très forte et assez grossière (0,5 mm) dans les zones plus compactes.
- 32-90 cm 5 YR 6/4 ; après séchage : entre 7,5 YR 6/4 et 5 YR 5,5/4 ; contraste fort ; transition sur 1 à 2 cm ; rouge jaune encore hétérogène ; remplissages légèrement plus clairs, zones plus compactes légèrement plus jaunes ; raies légèrement plus foncées à contraste faible (e = 1 cm - d = 10 cm) flexueuses discontinues ; texture un peu plus argileuse ; structure polyédrique (1 à 6 cm) en assemblage compact, cohésion moyenne, riche en zones colmatées à cohésion variant de moyenne à forte, porosité hétérogène, semi-tubulaire très grossière (1 mm) ; semble moins poreux que l'horizon précédent.
- 90-127 cm 5 YR 6/6 ; contraste faible à nul ; plus jaune et plus clair, teinte à peu près homogène ; raies (e = 5 mm ; d = 20 cm) à peine visibles ; texture voisine ; structure polyédrique ; presque massive, assemblage très compact, cohésion voisine ; porosité de même type semble légèrement plus fine.
- I27-I35 cm Horizon se distinguant du précédent par l'apparition de concrétions tendres (se coupant au couteau) en forme de petits cylindres souvent aplatis ($\phi = 4$ à 10 mm) orientés verticalement, cortex brun de 1 mm, pâte jaunâtre, quartz très fins, saillants, texture sableuse ; l'emballage est rouge jaune clair assez compact et renferme déjà de nombreux graviers de quartz.
- I35-I41 cm Lit de graviers de petits galets, de quartz émoussé, mais peu arrondis, dans un emballage rouge jaune clair, sablo-argileux noyant toute la masse et tendant à former des films très poreux ; renferme de nombreuses concrétions ferrugineuses ; ou noyaux ferruginisés ($\phi = 1$ à 5 cm) ciment brun jaune à brun rouge foncé à la périphérie, section arrondie, même cortex, également très riche en sables, pourraient être en place, dureté moyenne (piochon)

Enracinement : nombreuses racines horizontales sur les 50 premiers cm, radicelles verticales décroissant nettement vers 35 cm

Ces sols sont voisins de ceux de la série précédente, dont ils diffèrent ~~ess~~entiellement par l'origine du matériau, issu, ici des grès du Continental Hamadien, et par une rubéfaction moins accentuée. On observe le même type de différenciation structurale et les mêmes variations verticales de la texture.

Le niveau graveleux est très constant, on l'observe à la base des profils et dans les ravines, à une profondeur généralement faible, de l'ordre de 1,5 m ; il recouvre la surface des grès et constitue vraisemblablement la trace d'une ancienne surface d'érosion où les éléments grossiers de la roche et du sol (concrétions) se sont concentrées par élimination des éléments fins plus mobiles

Le concrétionnement tubulaire qui se développe à la base du profil est caractéristique d'une action de nappe, ou, tout au moins, d'une circulation oblique des eaux de drainage, favorisée par la proximité du substrat imperméable

Ces sols sont en général peu épais, leur développement est limité en profondeur par le niveau de graviers en, en surface, par une érosion hydrique intense ; leur zone d'extension est parcourue par un réseau serré de ravines qui réduisent progressivement la surface et l'épaisseur de la couverture meuble.

b) Propriétés analytiques

Elles sont identiques à celles de la série de KOUROUNGOUSA, excepté en ce qui concerne le complexe absorbant, qui est ici normalement équilibré les teneurs relatives en bases échangeables sont les suivantes :

Ca = 10 ; Mg = 6 ; K = 1 ; Na = 0,8

Ces sols sont également assez bien pourvus en Potassium, avec des teneurs superficielles de l'ordre de 0,1 meq

c) Utilisation

Ces sols sont pratiquement incultes par suite de leur imperméabilité et de leur faible épaisseur. Les cultures sont surtout localisées, sur les ensablements éoliens à sols ferrugineux lessivés en fer type DADORIA qui leurs sont associés et dans les vallées à remblayage sableux. Leur restauration nécessiterait d'importantes mesures anti-érosives que ne justifient probablement pas leur fertilité assez réduite et leur faible extension. Dans les sites les moins atteints par l'érosion ils conviennent à la culture du mil penicillaire et du sorgho.

d) Extension et cartographie

La zone d'extension de ces sols se situe dans l'interfluve des goulbis de MARADI et N'KABA, au Nord de GIDAN ROUMJI. Ils ont été cartographiés isolément ou en association avec les sols de la série de DADORIA qui se développent sur une couverture sableuse discontinue recouvrant partiellement la région.

B 2 - 52 - FAMILLE SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS ANCIENS

52I - SERIE DES KOUTOUMBOU C

a) Morphologie

Le profil NF 43 a été observé sur un erg ancien à modelé très aplani, en tiers supérieur de pente, sous une savane à *Commiphora africana*, *Combretum nigricans*, *C. Micranthum*, *Boscia senegalensis* ; le tapis est très clairsemé, à base de *Ctenium elegans* et *Andropogon amplexans*

Surface : encroûtement noirâtre, rejets brun clair, légèrement rouge, quelques termitières

- 0-14 cm IO YR 6/4 ; en surface : croûte grise (e = 2 mm), puis croûte sableuse jaune (e = 4 mm) ; gris très légèrement rose clair, hétérogène ; 2 raies légèrement plus foncées (e = 3-4 mm, d = 3-7 mm) à porosité plus grossière, probablement plus compactes, sinueuses, de même cohésion que l'ensemble ; texture finement sableuse ; structure massive débit assez régulier, cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle déjà légèrement irrégulière et grossière, assez bien développée.
- I4-32 cm IO YR 6/35 ; contraste moyen, transition sur 5 cm ; brun jaune légèrement rouge, très ~~clair~~, mêmes raies ; texture sableuse hétérogène à dominance fine ; structure massive, débit à faces assez mamelonnées, cohésion un peu plus forte ; ~~porosité~~ ^{porosité} grossière mieux développée
- 32-100 cm 7,5 YR 6/5 ; contraste moyen à fort, transition sur 10 cm, rouge légèrement jaune, clair, avec raies ; même texture avec peut être un peu d'argile ; structure massive, débit parfois aisé, très irrégulier, cohésion irrégulière : moyenne à forte, parfois très forte ; porosité presque semi-tubulaire, irrégulière et grossière (1/4 mm) assez bien développée.

- I00-I45 cm 7,5 YR 6,5/6 ; contraste moyen à faible ; transition sur I5 cm ; teinte plus jaune, une raie ; même texture ; structure massive à débit encore irrégulier, cohésion moyenne ; porosité encore irrégulière, assez grossière, assez bien développée ; horizon le moins dur du profil.
- I45-200 cm IO YR 6/5 ; contraste faible, transition sur 5 cm ; un peu plus jaune ; quelques taches blanches à texture fine, même texture ; structure massive, débit encore irrégulier, cohésion forte, porosité interstitielle irrégulière et grossière assez forte, quelques pores tubulaires
- 200 ... cm Horizon concrétionné, de même teinte que ci-dessus. Concrétions très nombreuses (peu de fraction fine) très irrégulières, sables adhérent à leur surface, section : centre violacé (5 YR 3/3) périphérie brune (7,5 YR 5/8) texture sableuse ; dures.

Raies : à I8-27-33-42-5I-57-75 cm

Enracinement : très fin, peu abondant, présent jusqu'à I00 cm

Le concrétionnement qui se développe à la base du profil est typiquement un concrétionnement de nappe, il se produit dans un milieu poreux et perméable où l'on ne décèle aucune réduction du drainage interne. On peut l'attribuer à la faible épaisseur de ces ensablements, très aplanis et érodés, reposant sur le substrat imperméable des grès du Continental Terminal, que nous n'avons atteint qu'une fois à 222 cm (NG 27) mais dont on devine fréquemment la proximité à la présence de petits fragments de grès argileux remontés par voie biologique (termites). Ces sols sont également constamment associés à des zones d'affleurement de grès argileux qui les dominent les plus souvent et constituent des surfaces de ruissellement pouvant contribuer à l'alimentation de nappes temporaires dans les ensablements périphériques.

A ces surfaces de ruissellement, nous attribuons aussi un rôle prépondérant, analogue à celui décrit dans l'étude de la série de CHINIELGA (sols brun rouge), dans l'érosion qui a aplani et aminci ces formations sableuses, à tel point qu'il est souvent difficile de reconnaître sur le terrain l'ancien modelé éolien que l'on ne discerne que sur photographie aérienne. Cette érosion se poursuit actuellement, facilitée par l'encroûtement superficiel épais et constant sur ces sols, ainsi que par l'abondance des termitières arasées, dont les matériaux épandus, très imperméables constituent de petites surfaces collectrices de l'eau de pluie, souvent suffisantes pour faire démarrer l'érosion en nappe ravinante.

Mis à part le concrétionnement; la morphologie de ces sols est voisine de celle des sols ferrugineux lessivés en fer typiques de la série de DODORIA ; ils s'en distinguent toutefois par la moindre épaisseur des horizons de surface (25 à 30 cm) que nous attribuons au décapage par l'érosion hydrique, ainsi que par une différenciation structurale un peu plus accusée de l'horizon rougi.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont faibles à moyens ; ils sont faibles si l'on considère que ces sols sont incultes, et probablement depuis fort longtemps. L'accumulation de la matière organique est ici freinée par l'érosion superficielle et la faible densité du tapis graminéen, facteurs qui sont d'ailleurs liés. Le rapport C/N moyen (II,6) indique une minéralisation convenable de la matière organique.

Texture :

La granulométrie des sables est typiquement celle des ergs anciens occidentaux, avec une légère dominance des sables fins sur les sables grossiers. L'examen des taux d'éléments fins montre une faible accumulation d'argile dans l'horizon rougi, dont l'enrichissement par rapport à l'horizon profond est seulement de 20 %. Le minimum superficiel, très accusé est attribuable à la fois au lessivage et à l'entraînement par l'érosion.

Sesquioxydes:

L'accumulation relative du fer libre dans l'horizon rougi est peu perceptible, elle se traduit surtout par le maximum du rapport fer libre / fer total. L'accroissement du taux de fer total dans l'horizon profond correspond aux apports par nappe.

Complexe absorbant :

La désaturation moyenne en surface, présente un minimum très accusé dans l'horizon rougi, le taux remonte en profondeur, ce qui correspond plus à une réduction de la capacité d'échange qu'à une augmentation des teneurs en bases échangeables, dont les valeurs, moyennes à faibles en surface diminuent dès le deuxième horizon, pour rester ensuite à peu près constantes. L'équilibre des bases, normal en surface, montre une déficience relative en Calcium et Potassium en profondeur :

Surface : Ca = 15 ; Mg = 9 ; K = 1 ; Na = 1,1

Horizon profond = Ca = 9 ; Mg = 14 ; K = 1 ; Na = 2

Les teneurs absolues en Potassium sont irrégulières et vont de moyenne à faibles (0,08 à 0,01 meq)

Fertilité chimique

Les taux d'azote sont faibles (0,13 à 0,20 ‰), ceux de phosphore varient irrégulièrement de 0,5 à 0,85 ‰.

Propriétés physiques

Les variations de la perméabilité et de la stabilité structurale sont analogues à celles observées pour les sols ferrugineux lessivés en fer typiques. Le minimum superficiel est toutefois plus accusé (1 cm/h) ; la perméabilité de surface du sol en place est certainement encore plus réduite que ne l'indique le test de percolation qui élimine l'effet de la croûte et du tassement superficiel.

c) Utilisation

Ces sols correspondent à de vastes surfaces incultes et dépeuplées. Leur restauration est possible par l'application de méthodes anti-érosives simples limitant l'écoulement superficiel de l'eau. L'amélioration des propriétés physiques de l'horizon de surface nécessite un travail du sol plus profond que celui effectué traditionnellement. Leur fertilité chimique est analogue à celle de la série de DADORIA, ils sont justiciables des mêmes amendements sous réserve d'en vérifier la rentabilité.

d) Extension

Ces sols ont une extension climatique assez considérable, puisqu'on les observe de BAGAROUA à la frontière de NIGERIA. On les reconnaît aisément au modelé peu accusé des formations sableuses érodées auxquelles ils sont associés, et à leur aspect superficiel (encroûtement, zones décapées). Leur végétation est également caractéristique, c'est une savane à Commiphora, souvent assez dense, et d'aspect contracté, qui contraste nettement avec la savane à Combretum glutinosum des ensablements épais et non érodés à sols ferrugineux lessivés en fer typiques (série de DADORIA).

TABLEAU 17

PRINCIPALES PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS DE LA SERIE DE KOUTOUMBOU

		Maximum	Minimum	Moyenne
<u>Matière organique %</u>	en surface	0,41	0,22	0,31
	vers 50 cm	0,24	0,13	0,17
	dans l'horizon profond	0,16	0,05	0,10
<u>C/N</u>	en surface	13,6	8,5	11,6
<u>A + L %</u>	en surface	8,5	4,2	6,6
	dans l'horizon rougi	17,8	10,8	12,1
	dans l'horizon profond	11,9	7,8 ^a	10,3
<u>Fer libre %</u>	en surface	7,0	3,5	5,1
	dans l'horizon rougi	13,0	8,3	10,0
	dans l'horizon profond	10,3	9,0	9,7
<u>Fer libre/Fer total</u>	en surface	0,73	0,60	0,68
	dans l'horizon rougi	0,87	0,73	0,82
	dans l'horizon profond	0,83	0,70	0,73
<u>pH</u>	en surface	6,4	5,1	6,0
	dans l'horizon rougi	5,2	4,5	5,0
	dans l'horizon profond	5,7	5,3	5,5
<u>Somme des bases échangeables en meq</u>	en surface	1,80	0,95	1,31
	dans l'horizon rougi	0,99	0,53	0,73
	dans l'horizon profond	1,04	0,56	0,76
<u>Coefficient de saturation</u>	en surface	0,90	0,56	0,71
	dans l'horizon rougi	0,53	0,25	0,38
	dans l'horizon profond	0,73	0,39	0,56
<u>Equilibre des bases</u>	Ca + Mg/K + Na			
	en surface	31	6	14
	profondeur	16	3	7
Ca/Mg	en surface	2	1,2	1,4
	profondeur	0,8	0,3	0,6
K/Na	en surface	2	0,4	1,1
	profondeur	1	0,4	0,6

522 - SERIE D'AJEKORIAa) Morphologie

Le profil ND 4I est situé 10 Km au Sud de DAKORO, en tiers supérieur de pente d'un versant ensablé très peu incliné, dans une jachère à *Boscia senegalensis*, *Collotropis procera*, *Cenchrus biflorus*, *Chrosophora senegalensis*, *Cassia obovata*.

Surface : sables déliés sur 3 à 4 cm, rejets plus foncés

- 0-18 cm IO YR 5/4 ; beige jaunâtre parcouru de très nombreuses stries à contraste très faible ; texture sableuse avec traces d'éléments fins ; structure massive, débit horizontal aisé, cohésion moyenne à faible ; porosité interstitielle fine bien développée
- 18-46 cm Entre 7,5 YR 5/4 ; et IO YR 5/4 ; contraste faible, transition sur 2 cm ; beige ocre, hétérogène ; stries gris clair à contraste moyen (d = 2 mm) à peu près horizontales, onduleuses irrégulières et discontinues ; même texture ; structure massive, débit à peine orienté, à faces peu mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité interstitielle fine peu différente de celle de l'horizon précédent.
- 46-106 cm Entre 7,5 YR et 5/6 et 5 YR 5/6 ; contraste fort, transition sur 12 cm, ocre vif, parcouru de raies brun très foncé plus claires à leur partie supérieur (e = 5 mm - d = 10 cm) à contraste moyen, un peu plus nombreuses vers le sommet de l'horizon - nombreux remplissages de sables déliés brun jaune très clair ; structure massive, débit à faces mamelonnées, parfois polyédrique, cohésion très inégale en moyenne faible, nombreux agrégats de cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle un peu plus grossière et plus développée que ci-dessus, semitubulaire très fine dans les zones les plus compactes.
- 106-155 cm 5 YR 5/6 ; contraste faible, transition très diffuse ; ocre plus clair et plus vif, parcouru de raies rougies à contraste très faible (e = 1 cm - d = 20 cm) çà et là quelques petites taches noires ; texture sableuse à sables un peu plus grossiers et mieux calibrés que ci-dessus ; structure massive débit plus faible ; porosité interstitielle fine, régulièrement développée, aussi forte que ci-dessus
- 155-190 cm Entre 7,5 YR 5/6 ; et 5 YR 5/8 ; contraste faible, transition très diffuse ; ocre un peu plus clair, ponctué de taches noires (enduits de grains) d'aspect moucheté (1 à 2mm)

même texture à sables assez bien calibrés ; structure massive ; débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité franchement interstitielle très fine, un peu réduite par rapport à celle du 3^{ème} horizon, mais encore bonne

Enracinement : Radicelles visibles jusqu'à 70 cm

Malgré un taux d'éléments fins constamment inférieur à 10 % on observe dans ce profil une différenciation structurale assez accentuée dans le troisième horizon, qui se manifeste par une nette agrégation, et que l'on peut attribuer à la concentration locale d'argile et d'hydroxydes (zones compactes, raies). Le drainage vertical du profil est cependant bon, et le concrétionnement (enduits manganésifères) résulte d'une action de nappe temporaire, qui se manifeste en toute position topographique. Elle s'accroît cependant, en bas de pente, où l'on observe (profil ND 42), en plus du concrétionnement manganésifère, quelques très rares amas calcaires. Cette action de nappe, généralisée à toute la zone d'extension de ces sols est rendue possible par un modelé très aplani. Nous ne pouvons juger du caractère actuel de cette nappe, n'ayant pas fait d'observation en saison humide, mais il est vraisemblable que son action principale s'est manifestée lors des périodes plus humides qui ont précédé l'époque actuelle.

Les apports de calcaire sont en général peu abondants dans les sols de la couverture sableuse, et ne se manifestent que localement et en position topographique basse ; ils sont plus nettement marqués les sols sur dépôt de colmatage argileux, à caractère vertisoliques affirmés, ceux-ci sont assez fréquents, mais n'occupent que de faibles surfaces d'un seul tenant ; ils n'ont pu être cartographiés qu'en un endroit, au Sud-Est de DIKITANE (voir vertisols hydromorphes)

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont moyens à bons (0,30 à 0,50 %) ils sont plus élevés en bas de pente, variation due à une végétation plus dense favorisée par une meilleure alimentation en eau, plutôt qu'à une réduction du drainage, car le rapport C/N reste très bas (8) et indique une excellente évolution

Texture

La granulométrie des sables est celle des ergs anciens orientaux, à sables grossiers dominants. Les variations verticales du taux d'éléments fins traduisent une légère accumulation d'argile entre 50 et 100 cm, cette accumulation est plus nette et plus profonde en bas de pente, où au lessivage vertical, s'ajoute des apports obliques. On note les variations suivantes

	Haut de pente	Bas de pente
A + L % en surface	4,5	9,5
dans l'horizon rougi	10,7	10,8
dans l'horizon profond	7,7	16,4

Complexe absorbant :

Le pH est neutre ou très proche de la neutralité en surface, il décroît vers la base du profil, en même temps que le taux de saturation dans les sols de haut de pente, en position basse, il est neutre à légèrement alcalin dans l'ensemble du profil.

L'équilibre des bases est correct, avec une large dominance du Calcium, surtout en position de drainage externe réduit.

	Haut de pente	Bas de pente
pH		
en surface	6,9	7,1
dans l'horizon rougi	5,5	7,2
dans l'horizon profond	5,7	7,1
Somme des bases échangeables		
en surface	2,03	4,76
dans l'horizon rougi	2,57	5,85
dans l'horizon profond	2,32	7,80
Coefficient de saturation		
en surface	70	87
dans l'horizon rougi	53	96
dans l'horizon profond	58	80
Teneurs relatives en bases		
en surface	Ca=13, Mg=5, K=1, Na=0,7	Ca=17, Mg=6, K=1, Na=1
dans l'horizon rprof.	Ca=13, Mg=4, K=1, Na=1,5	Ca=27, Mg=5, K=1, Na=1

Les teneurs absolues en Potassium sont moyennes à bonnes (0,1 à 0,2 meq)

Fertilité chimique

Le taux d'azote et de phosphore varient respectivement de 0,20 à 0,35 % et de 0,30 à 1%. La fertilité chimique est moyenne.

Propriétés physiques

La perméabilité, moyenne en surface (2 cm/h) croît en profondeur confirmant le bon drainage interne observé lors de l'étude morphologique.

c) Utilisation

Ces sols sont très cultivés, avec des durées de jachère très courtes, malgré une pluviométrie faible, de l'ordre de 400 à 450 mm. On doit attribuer cette exploitation intense à plusieurs facteurs favorables qui sont :

- une fertilité nettement supérieure à celle des sols sur ergs anciens voisins et due vraisemblablement aux apports par nappe.

- un modelé très aplani ainsi qu'une bonne perméabilité de surface, favorisant une infiltration uniforme des eaux de pluies.

- l'absence de manifestations d'érosion hydrique ou éolienne.

Ces sols conviennent à la culture du mil penicillaire, ainsi que du sorgho et peut être de l'arachide dans les zones basses.

d) Extension

L'extension de ces sols semble liée à celle des argiles et calcaires du crétacé supérieur qui affleurent au Sud de DAKORO. Ces roches ont probablement servi de réservoir de calcaire à la nappe dont l'action s'est fait sentir sur une vaste région, s'étendant de la vallée de TARKA jusqu'au KOREN AMOUKE, affluent droit du goulbi N'KABA, et qui délimite la zone d'extension de la série.

B 2 - 53 - FAMILLE SUR SABLES GROSSIERS DES VALLES SECHES

53I - SERIE DE KANIAGOMA

Les sols de cette série sont localisés dans le cours aval du dallol MAOURI au Sud de DOGONDOUTCHI. Leur limite Nord correspond également à celle de l'ensablement éolien qui a envahi le cours amont de cette vallée, ainsi que le montre l'étude granulométrique des matériaux sableux. Le modelé éolien n'est toutefois pas absent, il se traduit par la présence de buttes très basses et souvent peu visibles, qui correspondent surtout à un remaniement sur place des alluvions sableuses.

a) Morphologie

Le profil NG 50 est situé à mi-pente d'une butte basse, 1 km à l'Ouest de KANIAGOMA, dans une jachère avec réserve d'arbres (*Combretum glutinosum*, *Poupartia birrea*, *Bauhinia reticulata*, *Faidherbia albida*, *Acacia adstogens*, *Adenonia digitata*) ; le tapis est à *Aristida longiflora* et *Eragrostis tremula*.

Surface : sables déliés sur plus de 5 cm

- 0-22 cm IO YR 5/4 ; gris assez foncé ; texture sableuse hétérogène, sables grossiers roulés, structure massive à débit régulier, cohésion moyenne à faible ; porosité fine bien développée
- 22-40 cm IO YR 4,5/3 ; contraste moyen, à faible, transition sur 10 cm brun légèrement rouge assez foncé ; même texture ; structure massive, à débit assez irrégulier, cohésion un peu plus que moyenne, porosité plus grossière très bien développée
- 40-105 cm 7,5 YR 4,5/4 ; contraste moyen à fort ; brun rouge ; texture sableuse très hétérogène, assez abondant, sables grossiers, très bien roulés, structure massive à débit irrégulier, cohésion plus que moyenne légèrement irrégulière ; porosité grossière très bien développée malgré quelques petites zones compactes.
- 105-160 cm Horizon de transition, la teinte passe du brun rouge au jaune ; même texture ; structure massive à débit encore légèrement irrégulier, cohésion moyenne ; porosité fine très bien développée
- 160-190 cm IO YR 5,5/8 ; jaune hétérogène, présence d'assez abondantes concrétions 7,5 YR 5/6 (plus rouge) à section ocre violacé, sans cortex, quartz saillants, de forme allongée, disposés verticalement, taille de 1 à 4 cm, texture sableuse très hétérogène ; assez riche en sables grossiers très bien roulés.
- 190-220 cm Après séchage : IO YR 4,5/8 plus rouge contraste nul, transition sur 5 cm ; même teinte ; texture sableuse riche en sables grossiers bien roulés, translucides, brillants, structure massive à tendance particulière ; porosité d'assemblage de grains, très bien développée.

Raies : peu visibles à 40 - 48 - 57 - 63 cm ; épaisses de 3 à 4 mm légèrement plus cohérentes

Enracinement : assez abondant jusqu'à 40 cm, présent jusqu'à la base du profil

L'action de nappe qui se manifeste vers 150 cm, par un fort concrétionnement, se poursuit probablement à l'époque actuelle, le niveau de la nappe ayant été noté entre 0 et 5 m par les hydrogéologues dans cette partie de la vallée. Nous ne l'avons cependant jamais vue affleurer lors de la prospection effectuée en fin de saison sèche, et l'examen des profils montre que les horizons supérieurs, qui ne diffèrent de ceux des sols ferrugineux lessivés en fer bien drainés que par une teinte générale plus sombre, ne portent pas de trace d'hydromorphie temporaire.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux sont moyennement bas (0,20 à 0,25 %) avec un rapport C/N variant de 8 à 13.

Texture

La granulométrie des sables est caractérisée par une large prédominance des sables grossiers sur les sables fins ; les horizons supérieurs des sols situés en haut de buttes ont une texture sableuse plus fine due au tri éolien.

Les taux d'argile et de limon sont inférieurs à 10 %. On note l'existence de deux minima très accusés, l'un en surface, dû à la dégradation de l'horizon supérieur par une intense mise en culture et dont la manifestation la plus visible consiste dans la présence d'une couche de sables déliés anormalement épaisse (5 à 10 cm), l'autre en profondeur, attribuable à la fois à l'accumulation dans l'horizon ~~sur~~-jacent et à l'entraînement d'éléments fins par la nappe.

Nous avons observé les variations suivantes :

A + L % en surface : 2,3 à 3,3
 horizon rougi : 9 à 9,5
 horizon profond : 2,3 à 3

Complexe absorbant

Le profil est fortement désaturé sur toute son épaisseur, le taux maximum (0,60) se situe en surface, le minimum dans l'horizon rougi (0,35 à 0,40) ; le pH varie corrélativement de 5,9 à 5,1 ; la somme des bases échangeables est rarement supérieures à 1 meq ; ce qui est très faible ; l'équilibre relatif est le suivant :

Ca = 8 ; Mg = 3 ; K = 1 ; Na = 0,2

On note des teneurs moyennes à faibles en Potassium (0,06 meq)

Fertilité chimique

Les taux d'azote sont très faibles, compris entre 0,10 et 0,17 % ceux de phosphore plus favorables (0,40 à 1,5 ‰). La fertilité chimique reste basse, surtout à cause d'un complexe très désaturé

Propriétés physiques

La perméabilité est moyenne en surface (2 cm/h) la stabilité structurale faible

c) Utilisation

Ces sols bénéficient à la fois d'une pluviométrie relativement élevée (plus de 600 mm) et probablement d'une alimentation temporaire par la frange capillaire de la nappe ; ceci explique leur intense exploitation (mil-arachide), avec des durées de jachères complètement insuffisantes en dehors de tout apport fertilisant ; le résultat est une dégradation avancée des horizons de surface. Le régime hydrique favorable justifierait particulièrement des essais d'amélioration du stock organique par engrais verts.

B 2 - 6 SOLS FERRUGINEUX EN FER GRIS ET OCRES DE BAS FOND

Aux facteurs pédogénétiques climatiques qui déterminent la formation des sols ferrugineux lessivés en fer, s'ajoutent, pour ces sols, des conditions de drainage particulières qui résultent de leur position topographique basse (vallée, dépression ou bas de pente). Leur profil s'en trouve modifié, soit par une décoloration s'ensemble, soit par la teinte ocre de leurs horizons d'accumulation ; ce ne sont pas cependant des sols hydromorphes, car on y reconnaît la succession des horizons caractéristiques des sols ferrugineux tropicaux lessivés en fer. Les séries de GAYAKOLI et de BAOUDETA ont été étudiées avec les sols à drainage normal sur même matériau, soit respectivement avec les séries de MARALI et de DADORIA.

B 2 - 6I FAMILLE SUR SABLES GROSSIERS DES VALLEES SECHES

6II - SERIE DE ZOUZOURMA

a) Morphologie

Le profil NG 34 est situé 1 Km au SO de ZOUZOURMA, dans une vallée à remplissage sableux remodelé en petites buttes très basses (h = 0,5 m). La végétation est une savane arborée à *Poupartia birrea*, *Combretum glutinosum*, *Hyphae thebaica*, *Bauhinia reticulata*, *Butyrospermum parkii*. Le tapis est composé d'*Aristida longiflora*, *Ctenium elegans*, *Eragrostis tremula*, *Chrosophora senegalensis*

Aspect superficiel : sables déliés très clairs

0-21 cm IO YR 6/3 ; gris clair ; texture sableuse, structure massive à débit régulier, cohésion moyenne à faible ; porosité fine bien développée

- 2I-40 cm IO YR 5,5/3 ; contraste faible à nul ; gris légèrement plus brun raies ; texture sableuse hétérogène ; structure massive, débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité plus grossière, très bien développée
- 40-IO7 cm IO YR 5,5/4 ; contraste faible ; beige légèrement ocre, raies ; texture sableuse hétérogène ; structure massive, débit à faces mamelonnées, cohésion moyenne ; porosité plus fine, très bien développée
- IO7-200 cm IO YR 7,5/3 ; contraste moyen à faible ; blanc légèrement gris ; texture sableuse hétérogène, assez riche en sables grossiers ; structure massive à débit régulier, cohésion faible ; porosité fine bien développée
- 200 ... cm IO YR 8/I ; blanc, transition linéaire, contraste faible ; même texture ; structure particulière, sable bouillant ; porosité d'assemblage de grains forte

Raies ; visibles à partir de 30 cm, 37 - 53 - 68 - 77 - 90 - IO2 cm légèrement ocre, épaisses de 3 à 4 mm ; cohésion légèrement plus forte

Enracinement : assez intense jusqu'à 30 cm, présent jusqu'à IO2 cm

Ce profil possède bien les variations de structure d'un sol ferrugineux lessivé en fer, mais l'ensemble est fortement décoloré. Si la teinte clair des horizons supérieurs est attribuable à une percolation accrue par apports latéraux, et ceci par analogie avec d'autres sols décolorés (série de GAYAKOLI) l'aspect "lavé" de la base du profil ainsi que l'absence de structure est caractéristique d'une action de nappe. Cette action de nappe présente les mêmes caractères d'actualité que celle observée dans le dallol MAOURI (série de KANIAGOMA) les deux vallées, qui confluent quelques km au SO étant à la même cote au lieu d'observation

b) Propriétés analytiques

Ces sols sont également très cultivés, leur seul avantage par rapport aux sols bien drainés voisins étant leur alimentation en eau accrue. Ils constituent la couverture pédologique du remblayage sableux des vallées de TOUGANA et de KOLMEY, affluents du dallol MAOURI ; on les observe également sur la rive droite du dallol où ils correspondent probablement à des dépôts d'oueds latéraux.

B 2 - 7 - CONCLUSIONS SUR LES SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER

Bp - 71 MORPHOLOGIE

On observe entre les sols ferrugineux lessivés en fer peu différenciés et les sols ferrugineux lessivés en fer typiques les mêmes variations qu'entre les sols brun rouge correspondants ; ces différences ont trait essentiellement à la structure, réduite à de faibles variations de la porosité dans les premiers, plus différenciée dans les seconds où elle se manifeste par de nettes variations de débit et de cohésion.

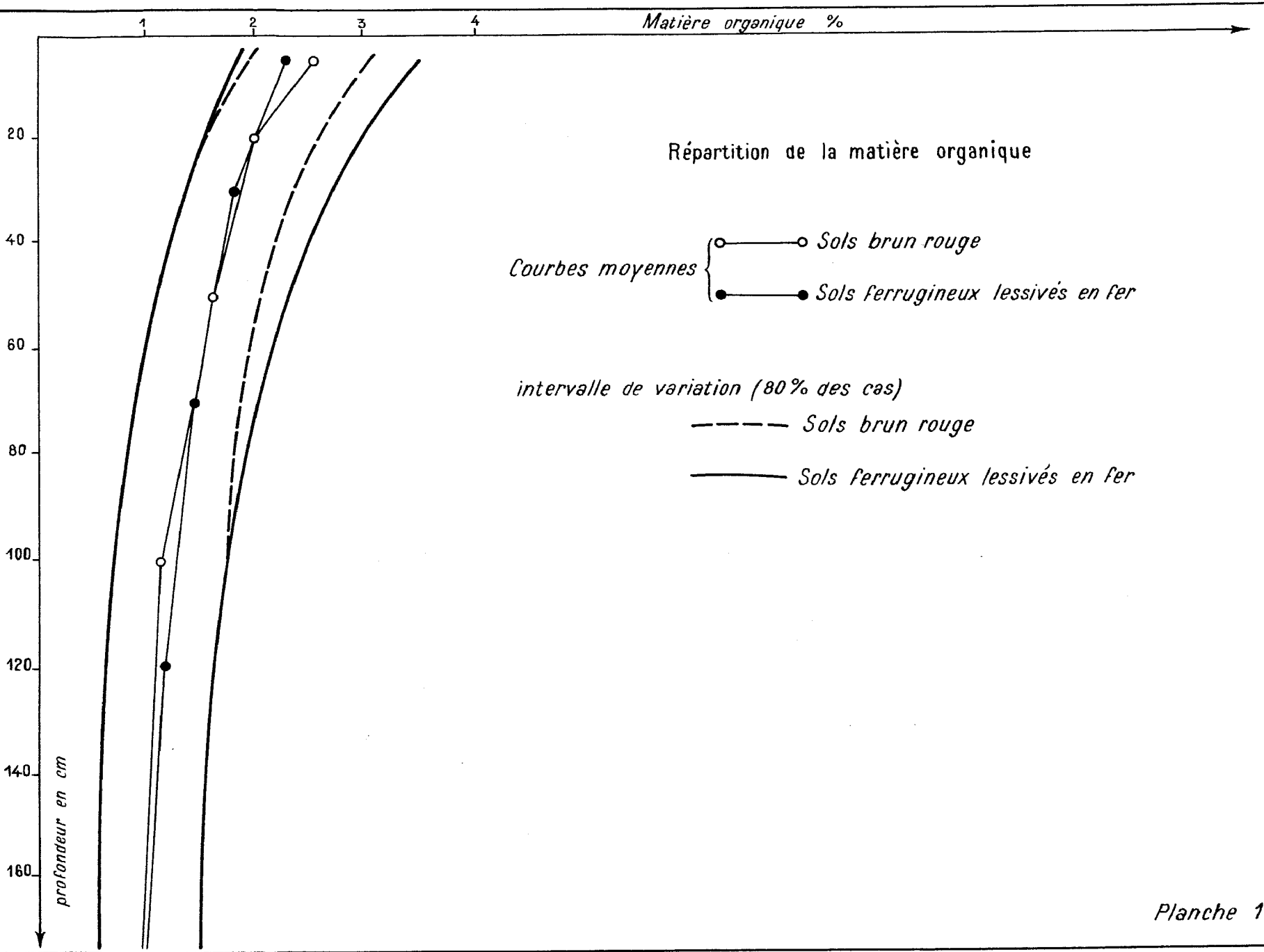
Les variations les plus fréquentes en fonction de la topographie se résument à un éclaircissement de l'ensemble du profil, qui plus rarement, peut acquérir une teinte ocre caractéristique, phénomènes attribuables à un drainage particulier : percolation accrue dans le premier cas, et probablement, humidité plus prolongée et accentuée dans le second, influant sur la forme des hydroxydes de fer, mais non sur leur abondance. Ces types de sols de bas de chaîne peuvent à la faveur de modèles particuliers (vallées ensablées, ensablement à modèle plan), envahir de vastes surfaces qui ont alors été cartographiées à part (séries de GAYAKOLI, de BAOUDETA).

Certaines formations sableuses ont été affectées dans leur ensemble par une action de nappe qui, si elle existe encore, a probablement été maximum lors de périodes antérieures plus humides ; il en est résulté un concrétionnement généralisé des horizons profonds, ferrugineux ou manganésifères, dont on ne peut toutefois tirer de conclusions quant au drainage actuel de ces sols, par suite de son caractère au moins partiellement fossile, et faute d'observations durant la saison humide.

Les matériaux non éoliens plus argileux portent des sols très différenciés ou s'accusent à la fois les variations structurales et texturales, ces dernières au moins partiellement attribuables au lessivage des éléments fins. La réduction de drainage qui en résulte entraîne l'apparition d'un concrétionnement qui reste toutefois plus voisin de celui provoqué par une nappe temporaire que de celui des sols ferrugineux lessivés. Ils présentent cependant la différenciation structurale maximum que l'on puisse observer dans les sols ferrugineux lessivés en fer.

B2 - 72 - PROPRIETES ANALYTIQUES

Les taux et la répartition de la matière organique ne diffèrent pas sensiblement de ceux observés dans les sols brun rouge. Le graphique de la planche I₂ montre que les taux moyens (calculés sur l'ensemble des profils analysés) aux différentes profondeurs sont très voisins, on note seulement



..... une plus grande variabilité des taux superficiels des sols ferrugineux, particulièrement pour les valeurs maxima. Il reste cependant vraisemblable que la répartition initiale de la matière organique diffère pour ces deux ensembles de sols, les apports issus du système racinaire des graminées dominant dans les sols steppiques, alors que les apports superficiels augmentent pour les seconds du fait de l'accroissement de la densité de la végétation arborée, et, peut être d'un enracinement plus superficiel des graminées. Cependant, ces phénomènes sont masqués dans leur ensemble par l'intensification de la culture du Nord au Sud, jouant en sens inverse par diminution du stock organique, particulièrement de celui, des horizons supérieurs. Le rapport C/N montre une variation zonale dans les sols peu cultivés ; nettement inférieur à 10 dans les sols brun rouge, il dépasse 11 dans les séries des sols lessivés en fer telles que celles de DADORIA (Ouest ADER DOUTCHI) DAN GONA, KOUTOUMBOU ... dont nous avons vu qu'elles étaient non ou peu intensément exploitées. Cette différence semble également effacée par les cultures répétées, le C/N des séries les plus exploitées (séries de WAKASOU et de MARADI, C/N = 8) étant remarquablement bas. Les travaux effectués au Centre de Pédologie de HANN par Melle G. THOMANN, montrent également une variation zonale de la composition de la matière organique, en particulier la plus grande richesse des sols subarides en acides humiques, et principalement en acides humiques liés à l'argile par le Calcium, sans toutefois que l'on observe de coupure nette entre les domaines ferrugineux et subarides

L'enrichissement en éléments fins et en sesquioxides de l'horizon B par rapport au matériau est toujours faible dans les sols sur sables éoliens. On note seulement un net appauvrissement superficiel attribuable à la fois au lessivage vertical ou oblique et à l'entraînement des éléments fins par l'érosion.

L'individualisation du fer se traduit par un rapport fer libre / fer total maximum dans l'horizon rougi (B) mais qui reste du même ordre de grandeur que ceux observés dans les sols subarides (0,70 à 0,80)

Ces sols sont en général désaturés dès la surface (0,60 à 0,80), le taux de saturation décroissant avec la profondeur. La somme des bases échangeables est toujours faible, le plus souvent inférieure à 2 meq pour 100 g de sol, exception faite pour la série de SOULOULOU, et, plus particulièrement pour la série d'AJEKORIA. L'équilibre des bases montre que les carences les plus fréquentes concernent le Potassium et le Calcium, elles sont particulièrement accusées dans les sols sur les formations sableuses de MARADI, plus irrégulières dans les séries de DADORIA (Ouest d'ADER DOUTCHI) et de KOUTOUMBOU.

B2 - 73 UTILISATION

L'utilisation de ces sols est avant tout zonale et fonction de la pluviométrie, les plus exploités sont également les plus méridionaux (région de MARADI, Sud de DOGONDOUTCHI). Ils ont en commun une fertilité chimique peu élevée ; à de faibles réserves en bases échangeables s'ajoute leur pauvreté en phosphore et surtout en azote.

Le premier effort d'amélioration doit porter sur l'augmentation du stock organique, qui sera plus aisé dans les régions les plus arrosées. La correction des carences et l'amélioration de l'ensemble des réserves minérales par apport d'engrais, dont l'efficacité a été prouvée au Sénégal sur des sols voisins, ne pourra être réalisée qu'après des essais agronomiques destinés à en vérifier la rentabilité et à en définir les formules, mais qui devront tenir compte des différents types de sols existants et définis dans cette étude.

IV - C LES SOLS FERRUGINEUX LESSIVES

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont caractérisés par d'importantes variations verticales de la texture dues à un entraînement en profondeur de l'argile par les eaux percolant à travers le profil. On distingue les horizons suivants :

- un horizon humifère lessivé, à structure massive, généralement compact
- un horizon plus clair, également lessivé en argile et sesquioxydes très poreux, cimenté
- un ou plusieurs horizons d'accumulation de l'argile et des sesquioxydes à coloration plus accentuée, à structure fragmentaire en assemblage compact. La porosité du type tubulaire, est réduite. Les sesquioxydes, individualisés sur place, ou ayant migré des horizons supérieurs peuvent se redistribuer et former des taches, concrétions ou cuirasses ferrugineuses.

L'intensité du lessivage et des phénomènes qui lui sont associés varie avec la pluviométrie. et de nombreuses observations ont montré que les sols ferrugineux tropicaux lessivés ne se forment actuellement que sous des climats à pluviométrie supérieure à 700 ou 800 mm. La répartition des sols ferrugineux lessivés du NIGER Central est indépendante de la pluviométrie actuelle, et on les observe jusqu'au Nord de la carte sous des pluviométries de l'ordre de 350 mm ; ils constituent les restes plus ou moins bien conservés d'une couverture pédologique ancienne formée pendant les périodes quaternaires plus humides

IV - C - SOLS FERRUGINEUX LESSIVES SANS CONCRETIONS

C - II - FAMILLE SUR PLACAGES COLLUVIAUX SABLO-ARGILEUX A ARGILO-SABLEUX ISSUS DES GRÈS DU CONTINENTAL TERMINAL (Ct_I DE L'ADER DOUTCHI)

Le profil NF I est situé au sommet d'un versant à faible pente (moins de 1 %) 4 Km au SO de TSERNAOUA, sous un bush contracté à Combretum micranthum, Acacia machrostachia, Zizyphus mucronata, dominé par quelques grands arbres : Albizia leucocarpus, Combretum glutinosum, Pouteria birrea. Le tapis est discontinu, à bases de Pennisetum, laissant de nombreuses zones dénudées avec des blocs de grès épars.

Aspect superficiel : croûte grise, surmontée de sables grossiers, en couche mince, discontinue. Litière sous les buissons.

- 0-II cm 7,5 YR 5/2 ; gris brun assez foncé, légèrement hétérogène par suite de la présence de remplissages sableux plus rouges ; sablo-argileux à sables fins, structure massive à débit régulier, cohésion moyenne à forte ; porosité interstitielle fine médiocre.
- II-27 cm 7,5 YR 6/4 ; contraste moyen, transition sur 5 cm ; beige rougeâtre homogène ; texture argilo-sableuse à sables fins ; structure massive à débit polyédrique aisé, cohésion moyenne à faible, horizon moins dur que le précédent ; porosité mixte (interstitielle et tubulaire), grossière, bien développée
- 27-I60 cm 5 YR 5/6 ; contraste moyen, transition sur 10 cm ; rouge légèrement marbré de rouge plus vif ; texture argileuse restant argilo-sableuse, structure polyédrique en assemblage compact, cohésion moyenne à forte porosité tubulaire irrégulière, localement grossière réduite, pores à enduits argileux, zones compactes nombreuses
- I60-I80 cm 5 YR 4/6 rouge grisâtre ; contraste moyen, transition sur quelques cm ; horizon à activité biologique assez intense : zones noires (enduits organiques) nids d'animaux, traînées grisâtres ; texture argilo-sableuse ; structure polyédrique en assemblage plus compact, cohésion assez forte, porosité tubulaire peu développée, canaux d'animaux et de racines
- I80-200 cm Même teinte ; même texture, très nombreux blocs de grès ferrugineux de I à 20 cm

Le profil est visiblement tronqué, ainsi que le laissaient prévoir les traces nettes d'érosion en nappe, qui affectent ces sols de façon constante ; l'horizon humifère est peu épais, compacté ; l'horizon lessivé bien que très poreux, montre déjà un enrichissement en argile par rapport à la surface ; l'horizon B est compact, à structure bien différenciée, mais ne montre que de légères traces de ségrégations (marbrures). Ce n'est qu'en position de drainage externe réduit (bas de pente, dépression) que l'on voit apparaître à la base du profil quelques concrétions qui sont le plus souvent manganésifères (profil NF 7) et résultent alors d'une hydromorphie topographique.

Le principal facteur de variation de ces sols est leur épaisseur qui est déterminée par celle du matériau ; nous ne l'avons jamais vue excéder 2 m, mais on observe tous les intermédiaires entre la dalle de grès nue et le profil NF I. Une précieuse indication relative à l'épaisseur est donnée

...par la hauteur de la strate arborée qui domine le bush, les grands arbres (anogeissus, Poupartia) ne se développent bien en effet que sur les sols les plus profonds ; ceci n'est cependant valable que dans la partie méridionale de la zone d'extension de ces sols, plus au Nord, la réduction de la taille de la strate arborée est climatique.

b) Propriétés analytiques

Ces sols sont moyennement à bien pourvus en matière organique bien évoluée ; les taux varient de 0,5 à 1,5 %, la moyenne étant de 1,1 %. Le rapport C/N est de l'ordre de 11.

Les taux d'argile varient de 10 à 20 % en surface, les valeurs maximum correspondant au sol les plus érodés. Les horizons B sont sablo-argileux à argilo-sableux (A = 20 à 36 %). On ne connaît pas la texture du matériau originel, l'évolution pédologique se poursuivant toujours jusqu'à la dalle sous-jacente.

Le fer total est abondant (20 à 80 %) et les formes libres y dominent largement (fer libre / fer total supérieur à 0,80, maximum dans l'horizon d'accumulation).

Le complexe absorbant est variablement désaturé, le taux de surface va de 0,50 à 0,80 Il est minimum dans l'horizon lessivé et le sommet de l'horizon d'accumulation (0,30 à 0,50) il remonte généralement au contact de la dalle de grès.

La capacité d'échange de l'argile varie de 15 à 30 meq pour 100 g, ce qui traduit pour les valeurs les plus élevées de faibles quantités d'argiles 2/I, probablement de l'illite. Les teneurs en bases échangeables vont de 2 à 4 meq en surface (moyenne 3,2) et peuvent atteindre 9 meq dans l'horizon profond. L'équilibre des bases est à dominance de calcium

Ca = 16 ; Mg = 6 ; K = 1 ; Na = 0,2

Ces sols sont également bien pourvus en Potassium : 0,1 à 0,30 meq/100 g de sol

Les taux d'azote sont moyens à bons : 0,3 à 0,70 ‰ ; ceux de phosphore très bons : 1 à 1,80 ‰. La fertilité chimique est moyenne, limitée par la désaturation souvent assez forte du complexe absorbant.

Ces sols sont peu perméables, la stabilité structurale est faible.

c) Utilisation

Ces sols sont assez peu cultivés car plus difficiles à travailler que les sols sur sables, et moins fertiles que les sols lourds sur alluvions de la même région. Ils constituent de bonnes terres à sorgho et peut être à coton à l'extrême Sud de leur zone d'extension. Par suite de leur faible perméabilité, ils nécessitent un travail du sol profond avec billonnage isohypse. Le principal critère de discrimination est leur épaisseur.

d) Extension et cartographie

Ces sols constituent la couverture pédologique du plateau de l'ADER DOUTCHI lorsqu'il n'est pas ensablé. Ils figurent sur la carte en une association à sols ferrugineux non lessivés et brun rouge sur sable, et à lithosols sur grès ferrugineux.

IV - C 2 - SOLS FERRUGINEUX LESSIVES A CONCRETIONS

C - 2I FAMILLE SUR GRES ARGILEUX (Ct 2 - 3)

a) Morphologie

Le profil NF I8 a été observé en tiers supérieur d'un versant à pente très faible 4 km à l'Ouest de DOMFON, sous une pluviométrie de 385 mm. La végétation est un bush contracté à *Commiphora africana*, *Combretum micranthum*, *Boscia senegalensis*. Tapis très discontinu à *Eragrostis tremula*, *Aristida mutabilis*, *Blepharis linariaefolia*.

Surface : a) sous couvert : sujet litière de feuilles mortes surmontant de nombreux rejets de termites

b) ailleurs, zones décapées blanches, localement encroûtées, piétinées par endroits. Les zones épargnées par le piétinement portent un tapis herbacé rare.

- 0-19 cm IO YR 6,5/3 ; gris blanc très pâle ; texture sableuse hétérogène, avec très peu d'argile ; structure massive à débit régulier cohésion moyenne ; porosité interstitielle moyenne assez bien développée.
- I9-48 cm IO YR 6/3 ; contraste presque nul, légèrement plus forcé, quelques plages légèrement brunes ; texture sableuse hétérogène ; structure massive à débit plus irrégulier, cohésion moyenne ; porosité semi-tubulaire assez grossière (I/4 à I/2 mm) assez bien développée, horizon plus poreux que le précédent.

- 48-II8 cm 7,5 YR 6,5/4 ; contraste moyen, transition brutale, presque linéaire, brun jaune clair, faiblement hétérogène, plages plus jaunes ; texture sablo-argileuse ; structure massive à débit irrégulier, cohésion moyenne localement forte ; porosité semi-tubulaire plus grossière et moins développée, zones compactes.
- II8-I52 cm 7,5 YR 6,5/4 ; concrétions : périphérie 5 YR 5/8 ; centre 2,5 YR 54/6 ; contraste faible ; transition sur IO cm ; brun jaune clair, hétérogène, présence de concrétions ocre rouge à périphérie ocre jaune, 0,2 à I cm ; s'effritant avec effort à sables grossiers ; structure massive à débit irrégulier, cohésion forte ; porosité tubulaire à semi-tubulaire grossière, moins développée que dans l'horizon précédent, zones colmatées abondantes
- I52-200 cm entre 7,5 YR 7/8 et IO YR 8/I ; des fragments de grès argileux apparaissent progressivement puis dominant vers I75 cm, pendant que le concrétionnement disparaît ; à I75 cm observe un grès argileux bariolé de teintes claires ; blanc, ocre jaune, ocre, taches à contours linéaires ; quelques éléments terreux dans les canaux de racines.

Ce profil, malgré les manifestations superficielles de l'érosion en nappe est peu érodé, l'épaisseur des horizons est celle que l'on observe normalement dans les sols ferrugineux lessivés ; ceci est d'autant plus remarquable que les versants sur lesquels on observe ces sols fonctionnent comme surfaces de ruissellement, la perméabilité superficielle étant presque nulle ; les pentes y sont cependant en général faibles, ce qui limite la capacité de transport de l'eau.

Nous avons observé ces sols sans variation morphologique appréciable de TAHOUA et à DOGONDOUTCHI, seule l'érosion paraît plus intense lorsqu'augmente la pluviométrie.

b) Propriétés analytiques

Les teneurs en matière organique sont moyennes à faibles (0,5 %) le rapport C/N est de l'ordre de IO.

La texture est sableuse à sablo-argileuse en surface (I2 à 20 %) argilo-sableuse dans l'horizon d'accumulation (35 à 40 %) qui montre normalement un net enrichissement par rapport au grès argileux sous-jacent (30 %). Le rapport limon / argile est de l'ordre de 0,3. La fraction sableuse est à dominance de sables fins.

Le taux de fer libre, est maximum, ainsi que le rapport fer libre / fer total (0,90) dans l'horizon d'accumulation, au dessus du niveau concrétionné.

Le complexe absorbant est fortement désaturé (0,40 à 0,60 en surface), désaturation qui est maximum dans l'horizon lessivé et le sommet de l'horizon d'accumulation (0,30). Le pH est acide (5,8 - 5,2 en surface, 5 en profondeur). La capacité d'échange reste constamment inférieur à 10 meq pour 100 g d'argile, ce qui traduit la nature exclusivement kaolinique de celle-ci. La somme des bases échangeables est faible, inférieure à 1 meq en surface, elle croît légèrement avec la profondeur pour atteindre 2 meq à la base du profil. L'équilibre des bases est le suivant :

Ca = 8 ; Mg = 2,5 ; K = 1 ; Na = 0,25

Les taux d'azote sont faibles (0,25 ‰), ceux de phosphore un peu meilleurs mais irréguliers (0,25 à 1 ‰). La fertilité chimique est basse.

La perméabilité est très faible à nulle en surface (0 à 0,2 cm/h), elle varie irrégulièrement avec la profondeur mais reste très réduite, (moins de 1 cm/h). La stabilité structurale, très faible en surface, augmente légèrement vers la base du profil mais demeure mauvaise.

c) Utilisation

Ces sols sont absolument incultes. Le principal facteur limitant réside dans leur imperméabilité superficielle presque totale. Leur exploitation nécessiterait d'importants travaux antiérosifs et d'amélioration de leurs propriétés physiques, que ne justifie probablement pas leur fertilité très réduite.

d) Extension et cartographie

On observe ces sols sur les affleurements de grès argileux (Ct 2 -3) situés à l'Ouest de l'ADER DOUTCHI, où ils couvrent de vastes surfaces. Ils sont cartographiés en association avec des régosols sur les mêmes grès, qui apparaissent lorsque l'érosion a dénudé la roche saine. Les sols ferrugineux lessivés à concrétions dominent largement au Nord et à l'Ouest de leur zone d'extension, où les pentes sont très faibles ; les régosols sont plus abondants entre ILLELA et BIRNI N'KONNI où le relief est plus accusé, l'érosion (en ravines) plus intense.

LES VERTISOLS

V - LES VERTISOLS

V - A - GENERALITES

Les vertisols ont été introduits dans la Classification Pédologique Française adoptant partiellement, en l'élargissant, la définition donnée par la 7ème Approximation du Service de Conservation des Sols des U.S.A.

La Classification Américaine définit ces sols par la présence de fortes teneurs en argiles à feuillet gonflants (plus de 35 %), corrélativement à forte capacité d'échange (plus de 30 meq pour 100 g de sol), entraînant par le jeu des dessiccations et humectations successives la formation de structure de retrait et de gonflement caractéristiques : fissures, gilgai (microrelief où alternent buttes et dépressions), surfaces de glissements sur les faces obliques des éléments structuraux.

La Classification Française (1963) donne une définition plus générale, supprimant les critères texturaux et ajoutant au terme de vertisol qui garde son sens strict, celui de paravertisol, correspondant aux sols qui ne répondent pas aux exigences précises des vertisols :

"Sols à couleur foncée relativement à leur teneur en matière organique, à structure prismatique ou polyédrique, large et grossière, accompagnée d'une macroporosité extrêmement faible des blocs sur au moins la moitié du profil. Il n'est pas retenu pour la définition de ces sols leur forte teneur en argile, ni la dominance de certaines argiles gonflantes, quoique ces deux caractères y soient fréquents (I)

La classe des vertisols est subdivisée en deux sous-classes, distinguant deux types de régime hydrique et, indirectement, deux modes de formation de ces sols :

- Vertisol à pédoclimat très humide pendant de longues périodes (zones planes), ou vertisols hydromorphes

Leur formation est liée à la présence d'un modelé limitant le drainage et favorisant, lorsqu'elles n'existent pas dans le matériau, la néosynthèse d'argiles gonflantes en milieu riche en cations alcalinoterreux. La limitation du drainage externe et interne entraîne des manifestations d'hydromorphie (taches, concrétions) généralement intenses

(I) La classification des sols utilisés par les pédologues français en zone tropicale ou aride - G. AUBERT, LOVANUM (1963)

- Vertisols à pédoclimat seulement très temporairement humide (zones à faible pente), ou vertisol lithomorphes

La génèse de ces sols est liée à la présence d'un matériau initialement argileux ou donnant des produits d'altération argileux convenant à la différenciation des vertisols. Le drainage externe correct de ces sols limite l'hydromorphie.

Chaque sous-classe est divisée au niveau du groupe selon la structure de l'horizon de surface : vertisols finement ou largement structurés en surface.

Les vertisols du NIGER Central se localisent exclusivement dans les régions où affleurent des formations géologiques elles-mêmes riches en argiles gonflantes (Crétacé supérieur et Eocène), c'est-à-dire dans l'ADER DOUTCHI et la région Sud de DAKORO. Ils se développent soit à la surface de ces formations (vertisols lithomorphes, généralement à structure fine), soit sur les alluvions qui en sont issues (vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface) (Vallées de l'ADER DOUTCHI, et régions périphériques) Il semble qu'ici, la nature du matériau soit prépondérante par rapport aux processus de pédogénèse ultérieurs.

La distinction entre les deux sous-classes n'est pas toujours nettement tranchée, et il existe des vertisols se développant directement sur des formations géologiques argileuses, dont, par suite d'une topographie très plane, le drainage externe est fortement limité, et dont les caractères d'hydromorphie sont assez accusés. Ils constituent une unité intermédiaire déjà définie au NIGER Oriental sous le nom de vertisols d'origine mixte, et que nous avons rattachés aux vertisols lithomorphes.

V - B LES VERTISOLS LITHOMORPHES ET LES VERTISOLS D'ORIGINE MIXTE SUR ARGILES SEDIMENTAIRES

a) Morphologie

Les vertisols lithomorphes et ceux d'origine mixte ont en commun de se former directement sur une roche en place ou sur un matériau en dérivant par remaniement sur courte distance. Ils diff rent par leur drainage externe, bon pour les premiers, limité pour les seconds. On conçoit qu'il soit possible d'observer tous les termes de passage de l'un à l'autre. Dans l'ADER DOUTCHI, ils correspondent toutefois à des formes de terrain bien distinctes.

Sur les versants taillés dans les bancs de schistes ou d'argiles schisteuses  c nes ou infra- c ne, dont la pente moyenne varie de 8   13 % mais que l'érosion peut accroître jusqu'à plus de 20 % ; les sols sont peu épais, et à drainage externe excellent. Le profil AD 66 a été observé sur un de ces versants, à forte pente, dépourvu de végétation.

- 0-7 cm Teinte kaki, riche en débris ferrugineux de toutes tailles ; argileux, structure polyédrique (2 à 3 mm) à faces peu nombreuses, luisantes, en assemblage compact, surstructure motteuse (2 à 3 cm) cohésion forte
- 7-25 cm Teinte plus foncée, débris jaunâtres inférieurs à 1 mm ; non calcaires ; argileux ; structure de même forme, plus large, éléments à peu de faces, la plupart luisants, surstructure prismatique, cohésion excessive, agrégats non poreux.
- 25-45 cm Même teinte ; argileux ; efflorescences blanches circulaires, grenues sur les faces des éléments structuraux, solubles dans l'acide chlorhydrique ; structure cubique en plaquettes (7 x 2 cm) à faces lissées, avec inclusions terreuses non structurées ; surstructure prismatique (20 à 30 cm) en assemblage très massif.

La structure fine en surface à tendance cubique et assemblage prismatique s'élargit dès 25 cm où apparaissent les éléments en plaquettes à faces obliques lissées, caractéristiques des vertisols du NIGER Central. Les agrégats sont très compacts, la porosité du profil étant uniquement due aux interstices entre les éléments structuraux (porosité d'assemblage). Les efflorescences blanches qui apparaissent à la base du profil sont dues à la richesse du matériau en gypse ; la solution du sol, enrichie en sulfate de calcium, dépose cet élément sur les surfaces libres où elle s'évapore.

Sur les replats que forme le versant éocène, et qui correspondent probablement à des joints argileux dans les calcaires, ainsi que sur les produits d'épandage, issus des mêmes formations, recouvrant localement la surface structurale maestrichtienne, le drainage est limité par une pente faible ; les sols y sont également plus épais car peu atteints par l'érosion. Le profil AD 8, situé quelques km au NO de TARAOUADA en donne un exemple :

- 0-10 cm Brun noir ; en surface, agrégats grenus (1mm) en mélange avec des agrégats polyédriques (1 cm) ; fissures de 0,5 à 3 cm tous les 10 - 15 cm ; nodules calcaires de petite taille (moins de 0,5 cm) quelques taches diffuses plus ocre ; argileux ; structure polyédrique fine 0,5 à 1 cm en assemblage cubique, à la base, cohésion irrégulière, moyenne à forte ; porosité très irrégulière, très bonne et très fine à médiocre suivant les agrégats, porosité d'assemblage très développée ; nombreuses radicelles et fin cheveu horizontal ; calcaire dans la masse.
- 10-35 cm Même coloration et texture ; apparition de petites concrétions noires ; de petits amas et mycellium calcaires ; structure prismatique (10 à 15 cm) avec faces rugueuses, films et enduits ; cohésion excessive.

35-I30 cm Passage à une structure cubique en plaquettes obliques à faces pâtinées et striées ; cohésion extrêmement forte ; porosité nulle ; taches noires et petites concrétions ; très calcaire pseudomycélium très développé.

L'hydromorphie se manifeste dans ce profil par la coloration d'ensemble plus foncée, particulièrement de la partie supérieure, par l'apparition de concrétions manganésifères et un élargissement plus rapide de la structure.

Les vertisols localisés au Sud de DAKORO sont proches de AD 8. Le profil ND I9 est situé sur un petit versant à faible pente (3 %) couronné par un affleurement de grès ferrugineux. La végétation est une steppe arbustive à Acacias (*A. laeta*, *A. flava*, *A. adstringens*). Le tapis herbacé est ~~très~~ à base de *Schoenfeldia gracilis* et d'*Aristida adscensionis*.

Surface : épandage de graviers de grès ferruginisé (0,5 cm) très très mince croûte ; passage d'animaux.

2-3 cm IO YR 3,5/4 ; brun jaune ; structure motteuse de forme polyédrique un peu arrondie, emballée dans une fraction fine ; présence de nombreux graviers de grès ferruginisés et de concrétions très arrondies, noires à cortex brun.

3-I7 cm Brun légèrement jaune, faces des agrégats légèrement plus foncées, et luisantes ; texture argilo-sableuse à argileuse ; ~~structure cubique~~ (2,5 à 3 cm à la base de l'horizon, plus fine et aplatie à la partie supérieure allant de 0,5 à 1 cm) surstructure à tendance prismatique (5 cm sur 4), sous-structure polyédrique à peu de faces, lisses (0,5 cm) - cohésion excessive, porosité d'assemblage faible dans les mottes, porosité des agrégats très médiocre, fine, probablement tubulaire ; assez nombreux graviers et concrétions (0,5 cm, section noire, cortex brun) ; horizon très dur ; racines fines non adhérentes.

I7-30 cm Contraste très faible ; IO YR 3,5/4 ; brun jaune foncé, faces des éléments structuraux plus foncées et luisantes, même texture surstructure à tendance prismatique (7 cm) structure cubique ; (6 à 7 cm) de forme plus irrégulière qu'au dessus - sous-structure massive ou cubique (2 à 3 cm) cohésion très forte, porosité plus développée que dans l'horizon précédent, parfois assez bonne, due à l'assemblage des agrégats très fins (remplissage des fissures) ; le moins dur des horizons.

30-65 cm Brun jaunâtre foncé, faces des éléments structuraux lissées et plus foncées, quelques enduits poreux ocre ; texture argileuse ; structure cubique en plaquettes, de taille variable (e = 1 à 3 cm)

obliquité des faces : 40° environ, faces supérieures et inférieures lisses, gauchies, mais à striations peu visibles ; faces verticales assez souvent rugueuses ; porosité d'assemblage des mottes très faible si l'on excepte quelques fissures (e = 1 cm) s'élargissant vers la base - porosité des agrégats très faible ; présence de graviers et de concrétions, horizon très dur.

- 65-II0 cm 2,5 YR 3,5/4 un peu plus foncé ; même texture ; structure cubique mais à faces obliques plus rares (e = 10 cm) ne semble pas continue, présence dans les fissures larges (15 cm) de mottes aplaties à grand axe vertical, à faces lisses fréquemment striées. L'assemblage semble un peu plus compact à la base du profil. Horizon très dur, cohérent, peu poreux ; quelques remplissages de sables micacés, quelques grains calcaires. Les concrétions à cassures noires sont un peu moins abondantes à la base de l'horizon.
- II0 ... cm Sables fins micacés (muscosite) bariolés de jaune, de blanc, de violet

On notera la teinte d'ensemble foncée, l'apparition précoce de concrétions manganésifères, les plus superficielles ayant toutefois été probablement apportées par ruissellement, ainsi que les graviers, et incorporées au sol lors des mouvements dus au retrait et au gonflement. La stratification superposant un niveau argileux à un niveau à sables fins micacés est celle que l'on a observée par ailleurs dans une coupé géologique de cette formation sédimentaire, ce qui suggère que le matériau est ici bien en place, l'ensemble du banc argileux ayant subi la pédogénèse vertisolique.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux les plus élevés (I à 3,5 %) s'observent dans l'ADER DOUMI où l'accumulation de matière organique à rapport C/N élevé (I2 à I7) semble liée à la plus ou moins grande abondance de calcaire, phénomène déjà noté pour les sols brun rouge à concrétions de la même région. Les vertisols de DAKORO, qui ne présentent que des traces de calcaire, sont plus pauvres en matière organique très bien évoluée (0,5 à 0,6% ; C/N = 8)

Texture

La texture des vertisols lithomorphes typiques (AD 66) est celle de la roche mère (argileuse) et varie très peu dans le profil. Les vertisols d'origine mixte présentent fréquemment un appauvrissement superficiel en éléments fins, vraisemblablement dû à l'incorporation de produits sableux ruisselés aux horizons supérieurs. On note les variations suivantes

Surface : 23 à 40 % d'argile
 Profondeur : 35 à 50 % d'argile

Ces argiles ont une forte capacité d'échange (60 à 80 meq/100 g) de caractère qui va de pair avec le pouvoir de gonflement. Les taux de limon sont très variables, mais en général élevés dans l'ADER DOUTCHI (L/A = 0,4 à 1,5), faibles dans la région de DAKORO (L/A inférieur à 0,2)

Complexe absorbant

Le complexe absorbant est saturé, le pH neutre ou légèrement alcalin. La capacité d'échange est élevée (25 à 40 meq/100 g de terre). L'équilibre des bases montre une très large dominance du calcium

	ADER DOUTCHI		Région de DAKORO	
	Surface	Profondeur	Surface	Profondeur
Ca + Mg / Na + K	25-46	17-40	200	45
Ca / Mg	4 - 8	3-10	10	14
K / Na	0,1-0,5	0,05-0,25	3	0,4

On notera également la déficience relative en Potassium (teneurs absolues : 0,1 à 0,4 meq) qui apparaît dès la surface dans l'ADER DOUTCHI et seulement en profondeur dans la région de DAKORO.

Les teneurs en Na échangeables peuvent atteindre 2 meq mais ne dépassent pas 5 % de la capacité d'échange, il n'y a donc pas de risque de toxicité.

Fertilité chimique

Elle est élevée dans l'ADER DOUTCHI (N = 0,5 à 1,2 ‰, P₂O₅ = 1,5 à 3,5 ‰) ; moyenne seulement pour les vertisols de la région de DAKORO (N = 0,4 ‰ ; P₂O₅ = 0,55 ‰)

Propriétés physiques

La stabilité structurale et la perméabilité sont moyennes à bonnes (perméabilité : 1,5 à 4 cm/h)

c) Utilisation

L'utilisation de ces sols à fertilité potentielle élevée, est essentiellement conditionnée par leur alimentation en eau. Il est absolument nécessaire d'y retenir les eaux pluviales (levées isohypse) et, lorsque la possibilité s'en présente, d'y concentrer les eaux de ruissellement d'un plus vaste impluvium. Les conditions sont plus favorables dans l'ADER DOUTCHI

..... où les surfaces de ruissellement susceptibles d'alimenter des retenues d'eau ne manquent pas. Au Sud de DAKORO sous une pluviométrie de 400 mm l'infiltration intégrale de l'eau devrait permettre au moins la culture du sorgho, peut être du coton sur une partie de la surface. Les propriétés physiques sont favorables à cette dernière culture.

d) Cartographie

Les vertisols sur argiles sédimentaires n'ont pu être mentionnés sur la carte, que lorsqu'ils recouvrent des surfaces suffisamment vastes (Sud de DAKORO, vallée de TIBDOUNI, basse MAGGIA). Dans l'ADER DOUTCHI, ils n'ont pu dans la plupart des cas, être cartographiés isolément, et figurent dans une association à sols brun rouge et sols peu évolués (Association de la MAGGIA et de l'ADER DOUTCHI Est).

Hydromorphes

V 6 - C - LES VERTISOLS ~~LITHOMORPHES~~ SUR ARGILES ALLUVIALES

a) Morphologie

Le profil NG 10 a été observé dans une petite plaine de décantation alluviale proche de BAZAZAGA, sous une savane clairsemée à *Balanites aegyptiaca*, *Bauhinia reticulata*, *Acacia seyal*, *Acacia adstringens* ; le tapis herbacé est fortement discontinu, composé de quelques *sbhoenfeldia gracilis*

Surface : léger encroûtement craquelé, quelques fentes de retrait

- | | |
|----------|--|
| 0-12 cm | 7,5 YR 3/2 ; brun assez foncé, hétérogène ; zones plus rouges texture argileuse ; structure prismatique (15 cm) avec entre les prismes de nombreux éléments polyédriques de 1/2 à 1 cm ; cohésion excessive ; porosité tubulaire très réduite. |
| 12-58 cm | 7,5 YR 3/2 ; contraste faible à nul, transition sur 5 cm ; même teinte ; même texture ; structure prismatique ; débit horizontal en plaquettes avec faces horizontales lissées, moins nombreux éléments polyédriques entre les prismes |
| 59-93 cm | 7,5 YR 3/2 ; transition sur 20 cm ; même teinte ; présence de petits éléments ocres assez tendres ; même texture, structure prismatique large avec un débit cubique en plaquettes et faces striées, cohésion excessive |

Les manifestations d'hydromorphie sont peu accusées, traduisant un engorgement très temporaire, réduit par l'obstruction par les sables éoliens de l'axe de drainage responsable du dépôt (digitation de la MAGGIA) ; elle se résume à un élargissement de la structure de surface, à l'apparition

... de ségrégations diffuses et à la teinte foncée du profil. Les structures de gonflement et de retrait sont très accentuées et se manifestent très tôt. Ce profil constitue l'un des termes les moins hydromorphes que nous ayons observés ; à l'autre extrémité du éventail morphologique se situent les vertisols très hydromorphes qui se développent dans les plaines de décantations argileuses bordant la rive droite de la vallée de TARKA dans la partie de son cours qui longe l'ADER DOUTCHI. Le profil NE 2I est situé dans une de ces plaines, à surface très plane et horizontale, régulièrement et largement fissurée. La végétation arborée comporte quelques *Acacia seyal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*. Les chenaux sont bordés d'une végétation plus dense à *Mitragyna inermis*, *Crataeva religiosa*, traduisant un pédoclimat temporairement plus humide. Le tapis herbacé est clairsemé, à base de *Panicum sp.* et de riz sauvage dans les chenaux.

Surface : croûte cimentée ($e = 2$ cm) s'émiettant en écailles aplaties (I à 2mm)

L'^{ensemble}~~ensemble~~ argileux, qui va de 0 à 80 cm, est régulièrement fissuré, jusqu'à environ 55 cm, en fentes présentant leur développement maximum vers 24 cm.

- I-10 cm IO YR 6/3 Gris clair, hétérogène ; plages ocre (7,5 YR 5/6) très diffuses, nombreuses taches linéaires, fines, ocre vif, suivant le tracé des racines ; texture argileuse avec de très rares inclusions de sables blancs très fins ; surstructure prismatique - structure en mottes à peu près isodiamétriques (2 à 5 cm) dont l'empilement est souvent terminé à la partie supérieure par une surface arrondie (piétinement), ces mottes sont séparées par des fentes de 2 mm ; sous-structure fine, éléments structuraux cimentés et compacts, exceptés quelques gros pores à faces lisses ($e = 2$ mm), ce niveau peut être coiffé d'une couche à structure finement polyédrique (I/2 cm) tachée de rouille, cohésion très forte - cohésion d'ensemble excessive, horizon très dur.
- 10-60 cm IO YR 5/3 ; fond brun verdâtre rappelant la couleur des ségrégations de l'horizon supérieur, parcouru de traînées ($e = 2$ mm) verticales grises, visiblement centrées autour des racines décomposées ; surstructure prismatique dont les prismes se débitent en mottes cubiques (10 cm surtout dans les 20 premiers cm de l'horizon - structure en plaquettes obliques (I x 4 cm) en assemblage assez compact avec faces lisses striées (quelques cm²) - sous-structure fine à petits agrégats (3 mm) à faces lisses peu nombreuses, visiblement aplaties surtout vers la base de l'horizon, disparaissant vers le sommet.
- 60-80 cm IO YR 5,5/4 ; teinte généralement plus foncée que celle de l'horizon précédent, zones grises moins nombreuses et visibles, horizon à peine atteint par la fissuration verticale ; structure très motteuse, en plaquettes vers le sommet de l'horizon avec faces lisses puis cubiques (2 à 3 cm) à sous structure polyédrique - les éléments

..... structuraux sont composés d'agrégats de 1/2 cm à cohésion très forte voisins de ceux de l'horizon précédent et encore horizontalement orientés, porosité des agrégats très fine mais médiocrement développée

80-120 cm 7,5 YR 4,5/8 ; contraste moyen , transition brutale ; ocre rougeâtre foncé, parcouru de zones gris clair (1/2 cm) linéaires, très nombreuses -ségrégations oranges (10 YR 5,5/3) ; pulvérulentes, excessivement fines ; texture sablo-argileuse, éléments arrondis assez grossiers ; structure massive, débit large, et mamelonné, cohésion moyenne à forte ; porosité plutôt interstitielle assez fine, très nombreux pores tubulaires ($\phi = 1/2$ mm) dont les parois ont un revêtement fin noir bleuté.

Ce profil aurait pu être classé dans les sols hydromorphes, n'était sa structure vertisolique très accusée. Les abondantes ségrégations apparaissant dès la surface, traduisent une hydromorphie totale temporaire, probablement par submersion.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont moyens (1 à 2 % ; moyenne : 1,3 %) Le C/N ne semble pas influencé par l'hydromorphie ; à quelques exceptions près (8 à 14 moyenne 9,8)

Texture

La texture est plus uniformément argileuse que dans les vertisols lithomorphes (40 à 80 %), elle varie peu verticalement. Ce sont les mêmes types d'argiles à forte capacité d'échange (60 à 90 meq/100 g). Les taux de limon sont plus constants et assez faibles (L/A = 0,1 à 0,3)

Complexe absorbant

Ces sols sont saturés, exception faite des plus hydromorphes (NE 2I) où l'horizon de surface est assez désaturé (0,60). Le pH de surface est cependant légèrement acide (6,5) sauf dans les profils calcaires sur toute leur épaisseur ; il est neutre à légèrement alcalin (7-8) en profondeur sauf dans les sols type NE 2I où le pH reste inférieur ou égal à 6, même dans l'horizon profond saturé.

La capacité d'échange est élevée, en relation avec la texture et le type d'argile (30 à 40 meq)/100 g de terre). L'équilibre des bases est à dominance de calcium.

Ca + Mg / K + Na =	13	à	100
Ca / Mg =	2	à	14
K / Na =	0,7	à	13

On ne note que rarement un déficit relatif en Potassium, dont les teneurs absolues s'étagent de 0,14 à 1,3 meq; la moyenne étant de 0,7 meq

Fertilité chimique

Les taux d'azote varient de 0,5 à 1,3 ‰ (moyenne 0,8 ‰), ceux de phosphore de 0,5 à 3 ‰ (moyenne 2 ‰). La fertilité chimique est élevée

Propriétés physiques

La perméabilité (1,5 à 3 cm/h) et la stabilité structurale se classent comme moyennes, ce qui est un élément très favorable à la mise en valeur de ces sols. Font exception les vertisols de la vallée de TARKA à perméabilité nulle ou très faible (0 à 0,3 cm/h) et instabilité structurale élevée.

c) Utilisation

Comme pour les vertisols lithomorphes, l'utilisation des vertisols hydromorphes est conditionnée par leur alimentation en eau ; ils sont cependant plus favorisés car généralement situés dans des zones de concentration des eaux de ruissellement. Le contrôle des eaux de surface s'impose cependant pour une mise en valeur rationnelle. Les vertisols de la vallée de TARKA sont toutefois à réserver de préférence à la riziculture, dans le cas où l'aménagement hydraulique convenable serait possible (acidité et mauvaises propriétés physiques)

d) Extension

Dans l'ADER DOUTCHI, les vertisols sur argiles alluviales s'observent à l'aval des vallées les plus larges et les plus profondes (vallée de TOUDOUNI MAGGIA). Ils occupent le chapelet de mares argileuses de la vallée de TARKA et les bas fonds à dépôts de colmatage argileux de l'interfluve de cette dernière vallée et du goulbi N'KABA, dont seuls les plus vastes ont été cartographiés (voir séries de TAKORKA et d'AJEKORIA)

LES SOLS HYDROMORPHES

=====

VI LES SOLS HYDROMORPHES

Les sols hydromorphes sont caractérisés par un engorgement temporaire (pseudo-gley) ou permanent (gley) par l'eau de l'ensemble ou seulement d'une partie du profil (l'hydromorphie d'ensemble, de surface ou de profondeur).

Cet engorgement entraîne des conditions asphyxiantes qui influent fortement sur les caractères morphologiques et analytiques des sols

- l'évolution de la matière organique est orientée vers l'accumulation de produits humiques acides à rapports C/N élevés. Ces produits organiques donnent généralement une teinte foncée à l'horizon humifère.

- les hydroxydes de fer et de manganèse sont réduits et migrent facilement sous forme de composés organométalliques ; ils peuvent s'accumuler dans certains horizons sous forme de taches, marbrures, concrétions, restant à l'état réduit lorsque l'hydromorphie est permanente, ou se réoxydant pendant les périodes de dessiccation en prenant des teintes ocre ou rouille, lorsque l'engorgement est seulement temporaire.

Les causes de l'hydromorphie au NIGER Central sont essentiellement d'ordre topographique et pétrographique. Le caractère endoréïque de nombreux bassins, le tronçonnement par les sables éoliens des anciens réseaux de drainage (amont du goulbi de N'KABA) favorisent la stagnation des eaux de pluie. L'imperméabilité des matériaux issus des grès du Continental Hamadien, du Maestrichtien, et, dans le Sud de la région de MARADI, des granites calco-alcalins, ainsi que le modelé très amorti qui caractérise ces formations limitent le drainage interne et externe et déterminent l'engorgement des sols.

Certains de ces sols prolongent à l'Ouest des unités cartographiées au NIGIER Oriental, dont l'étude a été faite dans le rapport correspondant auquel le lecteur voudra bien se reporter.

Les sols hydromorphes du NIGER Central appartiennent à la sous-classe des sols hydromorphes minéraux. Leur classification est la suivante :

SOLS A GLEY

SOLS A GLEY DE PROFONDEUR
FAMILLE SUR DEPOT DE COLMATAGE D'ERG OU DE MASSIF SABLEUX
(voir étude Pédologique du NIGER Oriental T II. P. 34I)

FAMILLE SUR SABLES GROSSIERS DES VALLEES SECHES

SOLS A PSEUDO-GLEY

SOLS A TACHES ET CONCRETIONS
FAMILLE SUR ARGILES ALLUVIALESFAMILLE SUR ALLUVIONS DU GOULBI N'KABA
(voir étude Pédologique du NIGER Oriental T. II. P. 336)

FAMILLE SUR ALLUVIONS ARGILO-SABLEUSES

FAMILLE SUR MATERIAU SABLO-ARGILEUX ISSU DE GRANITES CALCO-ALCALINS

FAMILLE SUR MATERIAU ARGILO-SABLEUX

- issu des grès du Continental Hamadien et des alluvions quaternaires anciennes de MARADI
- issu des grès maëstrichtiens

Série de SARKAKI.

VI - A SOLS A GLEY

VI - A - I - SOLS A GLEY DE PROFONDEUR
-----A - 6 - II - FAMILLE SUR SABLES GROSSIERS DES VALLEES SECHES (goulbis)a) Morphologie

On observe dans les goulbis fossiles (goulbi N'KABA et vallée de TARKA) sur une formation alluviale sableuse remarquablement homogène (voir étude granulométrique des matériaux sableux) deux types de profils, à propriétés morphologiques très constantes, malgré une extension climatique considérable (600 à 350 mm). Le premier, situé au niveau le plus bas, que l'on peut assimiler à un lit mineur très peu marqué, est composé d'un horizon humifère épais, à transition inférieure très progressive, passant à un sable décoloré légèrement taché d'ocre. Le profil ND 16, observé dans le goulbi N'KABA, au SUD de KORNAKA en donne un exemple :

- | | |
|----------|---|
| 0-40 cm | IO YR 4/2 ; gris brun foncé ; remplissages gris très clair, ronds, à cernes ocre ; texture sableuse avec quelques éléments fins ; structure massive, débit à faces non orientées, mamelonnées, cohésion faible à moyenne ; porosité interstitielle bien développée. |
| 40-75 cm | IO YR 5:3 ,5 ; transition progressive, gris brun clair ; même texture ; structure massive ; même débit, cohésion moyenne ; porosité plus faible et fine. |

75-120 cm IO YR 7,5/3 ; gris blanc ; hétérogène ; taches gris beige, très pâles diffuses ($\phi = 10$ cm) parfois plus brunes, plus cohérentes que la masse ; texture à sables blancs mieux calibrés pauvres en éléments fins ; structure massive, débit peut être plus régulier que ci-dessus, cohésion plus forte restant moyenne ; porosité d'assemblage de grains

120-200 cm Blanc hétérogène : petites taches sableuses, ségrégations ocre jaune à rouge jaune, au contraste fort, limites nettes, de formes irrégulières, groupées, rares ; structure massive.

Enracinement : chevelu sur les 10 premier cm, radicelles verticales jusqu'à 70 cm, quelques radicelles jusqu'à la base

Le second type de profil, situé à un niveau plus élevé de 1 ou 2 m par rapport au précédent, et qui correspond vraisemblablement à une terrasse actuellement très peu distincte, présente la même morphologie d'ensemble, à laquelle se surimpose, entre 30 et 100 cm, environ, un horizon d'individualisation des hydroxydes de fer, de teinte ocre uniforme :

Surface : sables déliés sur 3 cm recouvrant un croûte fine et compacte

- 0-4 cm IO YR 5/3 ; gris ocre homogène, présence de stries onduleuses ; structure massive avec un léger débit lamellaire, cohésion faible, à moyenne ; porosité interstitielle fine peu développée
- 4-22 cm IO YR 4/2,5 ; contraste moyen, transition assez nette, ocre, homogène ; même texture ; structure massive, débit non orienté, à faces très peu mamelonnées, même cohésion, porosité de même type que ci-dessus mais plus développée
- 22-70 cm 7,5 YR 4/4 ; (plus rouge) ; contraste moyen, transition sur 27 cm ; ocre vif ; homogène, même texture ; structure massive, débit à faces sensiblement plus mamelonnées, cohésion plus faible porosité interstitielle nettement plus forte restant fine.
- 70-130 cm IO YR 6/4 ; contraste fort, transition sur 25 cm ; gris jaune très clair ; texture sableuse à sables dépourvus d'éléments fins ; granulométrie étalée possédant de petits graviers (2 à 3 mm) émoussés et luisants ; structure massive, débit régulier, cohésion faible à moyenne ; porosité nettement réduite presque intergranulaire
- 130-200 cm IO YR 7,5/3 ; contraste moyen, sables blancs de même nature que ci-dessus ; riche en poches ocre à section circulaire ou linéaire, mouchetées ; structure massive, débit régulier, cohésion plus forte ; horizon à compacité moyenne.

Le caractère hydromorphe de ces sols ne fait pas de doute, bien que la nappe qui est à l'origine de cette morphologie, si elle n'a pas disparue, fluctue actuellement à un niveau nettement trop bas pour engendrer de tels profils. En effet, la comparaison avec des sols à hydromorphie actuelle sur matériau analogue (voir profils ND 98 et 99) situés dans des positions géomorphologiques identiques, permet d'attribuer la genèse de ces sols, pour le premier (ND 16) à une action de nappe permanente peu profonde (gley de profondeur), pour le second (NE 25) à une action de nappe temporaire (pseudo-gley de profondeur).

Ce n'est qu'à l'aval de ces fougolbis, où la nappe se rapproche de la surface, que l'on observe des sols à hydromorphie temporaire actuelle (NE 30)

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique varient de 0,25 à 0,40 % en surface (moyenne : 0,30 %) ; ils sont donc légèrement supérieurs à ceux de sols ferrugineux lessivés en fer sur sables éoliens, mais restent faibles. Le rapport C/N est bas, de l'ordre de 10.

Texture

La granulométrie des sables est à dominance de sables grossiers bien triés. Les taux d'éléments fins sont remarquablement constants dans le profil, variant de 5 à 8 % d'un profil à l'autre. L'horizon profond montre un appauvrissement constant et très accentué ($A + L = 0,3$ à $2,5$ %), déjà constaté dans les sols où bat une nappe.

Sesquioxydes

Le rapport fer libre / fer total est assez bas, inférieur à 0,60 il ne s'accroît que dans les horizons ocre des sols types NE 25 où il atteint 0,80, sans pour autant que l'on observe d'accumulation nette.

Complexe absorbant

Le pH est neutre, ou faiblement acide (6,5 - 7,2) ; il est sensiblement constant dans le profil, la somme des bases échangeables varie de 2 à 3 meq en surface (moyenne 2,7 meq) ce qui est relativement élevé. L'équilibre des bases est correct, avec les teneurs relatives moyennes suivantes :

Ca = 19 ; Mg = 9 ; K = 1 ; Na = 0,7

Les taux de Potassium échangeables sont moyens : 0,1 meq

Fertilité chimique

Ils sont pauvres en azote (0,13 à 0,2 ‰) irrégulièrement pourvus en phosphore (0,10 à 1 ‰). Leur fertilité chimique est cependant un peu supérieure à celle des sols ferrugineux peu lessivés typiques sur sables éoliens.

Propriétés physiques

Ces sols sont moyennement perméables (2 cm/h) peu agrégés, leur capacité de rétention pour l'eau est faible (eau utile inférieure à 1 ‰)

c) Utilisation

Ces sols sont incultes ^{sauv} dans le cours aval de la vallée de TARKA où l'on note quelques ch^{ms}ps de mil penicillaire. Cette exclusion ne semble pas justifiée, car, en plus de leur fertilité au moins égale à celle des sols sur sables éoliens, ils bénéficient d'une alimentation en eau accrue par leur position géomorphologique et ne semblent pas affectés par l'érosion hydrique ou éolienne. Ils conviennent à la culture du mil penicillaire et du ~~maïs~~ dans le Nord, de l'arachide dans leur zone d'extension la plus méridionale.

VI - B - SOLS A PSEUDO-GLEY

VI - B - SOLS A TACHES ET CONCRETIONS

B - II - FAMILLE SUR ARGILES ALLUVIALES

a) Morphologie

Le profil ND 66 a été observé 20 Km au Nord de YAGADJI, dans la zone de contact entre une plaine argileuse et un glacis très décapé, sous une végétation arbustive contractée à Acacia seyal, et Grewia tenax. Le tapis est clairsemé, à base de Schoenfeldia gracilis et de graminées naines, de cyperus sp. dans les zones les plus déprimées.

0-10 cm IO YR 6,5/5 ; brun jaunâtre très hétérogène ; formé de lits alternativement plus clairs et brun jaune, ségrégations ocre très fines et horizontales, très peu abondantes ; texture sablo-argileuse très hétérogène ; structure lamellaire, débit selon le litage, très aisé au sommet, cohésion inégalement moyenne à faible. Cet horizon colluvionné repose, par l'intermédiaire d'un niveau de sables déliés, sur l'horizon suivant.

- 10-15 cm IO YR 5,5/4 ; croûte grisâtre à limite supérieur nette mais non lissée, très compacte et dure avec quelques pores ronds, en continuité structurale avec l'horizon suivant
- 15-20 cm 5 YR 4/6 ; brun rouge foncé, hétérogène ; faces des agrégats plus foncées et luisantes ; texture argilo-sableuse avec de nombreux grains de quartz au sommet, non calcaire ; structure prismatique (15 cm) sous-structure massive au sommet, passant à cubique à la base (2 cm) avec faces supérieures légèrement lissées, cohésion excessives ; porosité nulle au sommet, quelques pores tubulaires à la base ; horizon extrêmement dur.
- 20-40 IO YR 5/6 ; transition sur 5 cm soulignée par l'apparition d'une sous-structure polyédrique fine (2 mm) et de petits grains calcaires, brun olive, hétérogène ; ségrégations ocre très peu visibles, très fines, calcaire abondant réparti sous forme de petits amas friables, blancs, très fins ; structure polyédrique (1 cm) faces rugueuses, assemblage moyennement compact, cohésion forte à très forte, sous-structure polyédrique très fine (moins de 1 mm) en assemblage compact.
- 40-67 IO YR 6,5/3 ; transition relativement brutale soulignée par l'apparition d'une zone gris bleuté et plus compacte ; gris bleuté, très hétérogène : masse des agrégats brun olive ; calcaire moins abondant, en amas friables plus gros (1 mm), moins diffus, argilo-sableux ; structure polyédrique (0,5 cm) très anguleuse, faces presque lisses, en assemblage très compact, cohésion excessive, porosité nulle ; horizon extrêmement dur.
- 67-100 2,5 YR 6,5/0 ; transition assez diffuse ; gris bleuté ; hétérogène ; taches brun olive ou ocre, moins nombreuses, plus contrastées - concrétions calcaire (1 cm) groupées en amas, blanches, très dures ; sans structure bien différenciée même texture.

Enracinement : concentré sur colluvions supérieurs

L'horizon supérieur résulte visiblement d'un colluvionnement à partir des glaciés érodés ; il contraste avec le matériau sous-jacent, dont l'homogénéité montre qu'il est constitué par un dépôt formé en eau calme (colmatage de mare), contemporain de périodes plus humides où l'extension des mares était supérieure à l'actuelle.

On notera deux types de ségrégations, l'un superficiel, localisé dans les joints du niveau colluvial et se formant probablement lors du dépôt qui coïncide avec les périodes d'engorgement, le second, profond, caractérise un engorgement par nappe en milieu peu poreux. Cette nappe, si elle existe encore actuellement, est temporaire, car l'ensemble du profil était sec en Février. Cette nappe est également responsable de l'accumulation de calcaire dans les horizons inférieurs, les roches dont est issu le matériau en était totalement dépourvu (grès du Continental Hamadien ou Intercalaire)

La structure fondue de l'horizon profond s'accompagne de taux de Sodium échangeable élevés (50 % de la capacité d'échange) qui provoquent la dispersion de l'argile. Cet horizon n'est pas constant, nous ne l'avons pas observé dans la zone d'extension méridionale de ces sols.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont irréguliers, variant de 0,25 à 1 %. Le rapport C/N est bas, inférieur à 10, ce qui pourrait traduire une hydromorphie temporaire moins intense que ne le laissait prévoir le développement des ségrégations superficielles.

Texture

La texture, sablo-argileuse en surface (20 à 25 %) devient argilo-sableuse à argileuse dès 50 cm, ces variations sont attribuables à la mise en place du dépôt.

Complexe absorbant

Lorsque le complexe absorbant est saturé par le Calcium, soit dans l'ensemble du profil (ND 66) soit seulement dans les horizons profonds carbonatés, le pH est légèrement alcalin (7 à 8,5). Dans les horizons de surface où cette saturation n'est pas réalisée, le pH devient ~~acide~~ ^{acide} (5,2 - 5,5) malgré des taux de saturation qui restent élevés, supérieurs à 0,80 ; ce phénomène s'observe normalement en milieu hydromorphe. Les réserves en bases échangeables sont toujours élevées (5 à 9 meq pour 100 g de terre en surface, plus de 15 à 20 meq dans les horizons carbonatés) ; le Calcium y domine largement. Les taux excessifs de Sodium échangeable en ~~profondeur~~ ^{profondeur} semblent localisés à la périphérie du DAMERGOU. Les teneurs en Potassium échangeable sont moyennes à bonnes (0,15 à 0,6 meq)

Fertilité chimique

Les taux d'azote sont faibles à moyens (0,15 à 0,6 ‰) ceux de phosphore suffisants (0,70 à 1 ‰). La fertilité n'est limitée que par le stock organique souvent trop réduit.

Propriétés physiques

La perméabilité de ces sols est très faible, inférieure à 0,3 cm/h parfois nulle en surface. La stabilité structurale est également réduite.

c) Utilisation

Ces sols ne sont pas cultivés. Leur aménagement pour cultures de décrue est possible grâce à l'existence de surfaces de ruissellement constituées par les sols de glacis auxquels ils sont associés (voir sols subarides de glacis § III - C 52). La culture du cotonnier semble cependant exclue par suite des mauvaises propriétés physiques (perméabilité et structure)

Extension

L'extension de ces sols coïncide avec celle des sols subarides de glacis sur placages colluviaux sur reg résiduel, avec lesquels ils ont été cartographiés en association.

B - I2 FAMILLE SUR MATERIAUX SABLO-ARGILEUX ISSUS DE GRANITES CALCO-ALCALINS

a) Morphologie

Le profil ND 90 a été observé à mi-pente d'un versant très peu incliné (2%) avec affleurements de granites en boules, 1 Km à l'Est de DEMBO. Ce versant est soumis à une érosion en ravines assez intense. La végétation est une forêt claire à Anogeissus leiocarpus, avec quelques Combretum glutinosum. Le tapis est clairsemé, composé de graminées naines.

Surface : croûte feuilletée sur 5 mm avec de petites ségrégations

- 0-12 cm Gris sur les 5 premiers cm, plus ocre en profondeur, hétérogène : ségrégations brun ocre, à faible contraste, diffuses très nombreuses, linéaires fines et horizontales, disparaissant à la base de l'horizon ; assez finement sableux hétérogène, un peu d'argile ; structure légèrement feuilletée au sommet, très massive ensuite, débit régulier, cohésion moyenne à forte, non agrégé, fissures verticales distantes de 15 cm ; quelques pores tubulaires, très compact
- 12-35 cm Contraste moyen, transition sur 5 cm ; brun jaune à ocre texture sablo-argileuse très hétérogène ; grain de quartz, débris de feldspath ; structure polyédrique en assemblage compact, assez friable, cohésion des agrégats moyenne ; assez forte porosité d'assemblage porosité des agrégats semi-tubulaire fine, moyenne.
- 35-45 cm Contraste très faible à nul, transition très vague ; teinte un peu plus hétérogène, très rares ségrégations ocre vif, zone de décoloration autour des gros pores ; structure de même type, cohésion forte ; assemblage plus compact ; porosité de même type, plus grossière ; horizon plus dur.

- 45-62 cm Niveau de concrétions avec quelques graviers et galets (4 cm) bien roulés, sales ferruginisés - concrétions très nombreuses, jointives ($\phi = 5$ à 20 mm) généralement isodiamétriques et mamelonnées sauf les petites qui peuvent être très rondes, pâte jaune et cortex craquelé, recimenté, présence de quartz saillants et propres, cassure : ciment brun foncé cortex de 1 mm plus rouge, centre noir, section parfois noire. Emballage très peu abondant gris ocre avec de nombreux petits micas dorés, quartz feldspath ; ensemble friable ; nombreux trous. Cet horizon apparaît comme posé sur le niveau inférieur.
- 62-100 cm Matériau gris verdâtre, un peu hétérogène au sommet : taches noires légèrement moins durcies (1 cm) mouchetures rouge vif ; le matériau emballe des cristaux inégalement altérés : feldspaths, micas dorés, peu de quartz ; zones moins altérées ayant gardé la structure de la roche.

L'horizon supérieur est d'origine colluviale ; il rappelle par sa structure à tendance feuilletée plus massive, l'horizon de surface des sols de glacis ; son mode de mise en place est analogue ; il présente de plus d'importantes traces d'hydromorphie temporaire (pseudo-gley) qui diminuent progressivement vers le bas, et disparaissent vers 40 cm. Elles sont dues à un engorgement temporaire d'hivernage, par la lame d'eau superficielle à écoulement ralenti par le modelé à pente faible.

Le niveau de graviers roulés et concrétions constitue le reste d'une ancienne surface d'érosion ultérieurement recouverte par dépôt colluvial. On admet en effet que les cortex craquelés et recimentés recouvrant les éléments ferruginisés sont des témoins de périodes de mise en affleurement.

Le matériau d'altération du granite apparaît dès 60 cm ; l'altération des minéraux y est variable et s'effectue en milieu temporairement engorgé, ainsi que le montrent les concentrations locales d'oxyde de manganèse (taches noires)

L'épaisseur totale des sols est toujours faible (inférieure à 80 cm) limitée par l'érosion superficielle (en nappe et en ravines) qui les affecte constamment.

b) Propriétés analytiques

Les taux de matière organique sont moyens (0,50 à 0,70 %) ; ils décroissent rapidement en profondeur, la matière organique étant surtout concentrée dans le premier horizon. Le C/N est assez élevé (10 à 14), variant semble-t-il avec l'intensité de l'hydromorphie superficielle.

La texture est sableuse en surface (A = 10 à 15 %), sablo-argileuse à argilo-sableuse en profondeur (A = 25 à 30 %). Les taux de limon sont assez élevés (L/A = 0,2 à 1). La fraction sableuse est à légère dominance de sables fins.

Le pH est acide inférieur à 6 dès la surface, malgré un taux de saturation de l'ordre de 0,80. Le pH et taux de saturation décroissent ensuite (4,8 - 5,0 ; 0,4 - 0,5) pour remonter ensuite légèrement dans le matériau d'altération (5,4 ; 0,70). Le taux de bases échangeables varie de 1 à 2 meq pour 100 g de sol en surface, 4 à 7 meq en profondeur. L'équilibre des bases est normal, non influencé par l'hydromorphie :

Ca = 8 ; Mg = 4 ; K = 1 ; Na = 0,15

Les teneurs en Potassium sont moyennes ; 0,15 à 0,2 meq en surface

Les taux d'azote sont moyens à faibles (0,2 à 0,6 ‰) ceux de phosphore nettement insuffisants (0,10 à 0,15 ‰).

La perméabilité est réduite sur l'ensemble du profil, inférieure à 1 cm/h.

c) Utilisation et extension

La faible épaisseur de ces sols, limitée par une érosion hydrique active, ainsi que leur imperméabilité y empêchent toute culture, malgré une fertilité chimique non négligeable. Leur extension est d'ailleurs réduite au NIGER Central, où elle coïncide avec les zones d'affleurements non ensablées du socle granitique, à l'extrême Sud de la Province de MARADI.

B - 13 - FAMILLE SUR PLACAGES ARGILO-SABLEUX ISSUS DES GRÈS DU CONTINENTAL HAMADIEN ET DES ALLUVIONS QUATÉRNAIRES ANCIENNES DE MARADI

Les sols à pseudo-gley de surface sur matériaux issus des grès du Continental Hamadien, prolongent au NIGER Central ceux observés au NIGER Oriental, décrits et caractérisés dans l'Etude Pédologique de cette région (T.II p. 173). Ils correspondent à une couverture pédologique ancienne à sols ferrugineux lessivés, plus ou moins érodés et remaniés par colluvionnement, évoluant actuellement sous l'effet de l'hydromorphie.

Au Sud de GIDAN TCHADOU, ces sols, qui délimitent une bande orientée Est-Ouest présentent la particularité de se développer soit sur matériau issus des grès du Continental Hamadien, analogues à ceux cités plus haut, soit sur des lambeaux de la formation alluviale du Quaternaire ancien de MARADI, qui se distinguent par une rubéfaction très accentuée, et dont le profil ND 38 nous donne un exemple. Il a été observé à 5 km au Sud de GIDAN TCHADOU sur une surface plane, sous un bush dense à Combretum micranthum, Boscia senegalensis, Ximonia americana, Grewia bicolor, dominé par quelques Bombax costatum, Poupartia birrea et Combretum glutinosum.

Surface : encroûtement noirâtre, petites termitières et buttes autour des arbustes.

- 0-10 cm 10 YR 6/2,5 ; gris beige assez homogène ; texture sableuse à très hétérogène, sablons ; structure massive, débit grossier (4 à 5 cm) horizontalement plus aisé, cohésion moyenne, extrêmement compact non agrégé ; très fine porosité tubulaire
- 10-30 cm 7,5 YR 6/4 ; trn beige ocre, plus rosé ; base de l'horizon hétérogène : nombreuses et très petites zones plus ocrées, à faible contraste ; texture sableuse, structure massive, débit polyédrique (1 à 2 cm) cohésion faible, nombreux agrégats ; très forte porosité interstitielle.
- 30-70 cm 2,5 YR 5,5/6 ; transition brutale, banc de concrétions (5 à 15 mm) ferrugineuses, dures, mamelonnées, surface brun jaune ou brun jaune foncée hérissée de petits grains noirs, section ~~à~~ centre jaune et brun foncé avec une auréole (1 mm) brun rouge ; nombreux quartz isolés dans une pâte très fine - emballage rouge clair, légèrement décoloré à la partie supérieure, plus coloré et plus argileux ensuite, se présentant alors sous la forme de films perforés ; cet emballage adhère aux éléments grossiers surtout à leur face supérieure - nombreux remplissages bruns finement structurés (- çà et là quelques graviers ($\phi = 2$ cm))
- 70-75 cm 2,5 YR 5,5/6 ; transition sur 5 cm ; niveau formé par des concrétions dureté moyenne, à section brun rouge foncé et de même texture que ci-dessus - ces concrétions sont nombreuses mais dispersées dans un emballage rouge, argileux, à nombreuses ségrégations verticales ; structure polyédrique fine et nette (2 mm) à peu de faces, assemblage très massif, dureté élevée, cohésion faible très friable ; nombreux graviers et galets de quartz (5 cm), ces derniers sont à plat et parfois alignés horizontalement sur 40 cm, pas de pâtes extérieures.
- Concrétions : entre 2,5 YR 3,5/2 et 5 YR 5/6
- 75-160 cm 2,5 YR 5,5/6 ; transition sur 8 cm ; niveau à galets de quartzite (extérieur propre, intérieur ferruginisé et fissuré) se distingue du précédent par l'absence de concrétions et l'abondance de zones blanchies

Enracinement : Présent sur les 10 premiers cm

L'hydromorphie actuelle est ici peu accusée, et se manifeste par des ségrégation faiblement contrastées. L'ensemble du profil peut être assimilé à un sol ferrugineux lessivé fortement érodé, dont la partie supérieure a été remaniée par colluvionnement. Les variations de la structure, passant de massive en surface à polyédrique en profondeur, ainsi que la forte porosité du 2ème horizon en sont caractéristiques. Les propriétés analytiques et agronomiques de ces sols sont identiques à celles des sols sur Continental Hamadien.

La végétation couvrant les zones d'affleurement du Continental Hamadien prend fréquemment un aspect contracté particulier, caractérisé par la présence de zones dénudées circulaires, donnant en photographie aérienne un aspect ponctué (brousse annelée). Cette formation végétale se développe surtout dans les zones basses, étant souvent centrée autour de mare temporaires. Les sols des olâirières sont analogues à ceux décrits au NIGER Oriental (T. II p. 178) fortement enrichis en argile et en carbonate de calcium. Cet enrichissement a été attribué à l'action des termites, dont les édifices, détruits par érosion et épandus en placages circulaires ont pratiquement stérilisé le sol. Notons seulement que dans certains profils, nous avons observé d'anciennes galeries actuellement comblées, revêtues d'une croûte calcaire d'un demi millimètre environ, très fragile, ce qui contribue à renforcer l'hypothèse d'une accumulation biologique du calcaire dans ces sols. Les sols à carbonate de brousse annelée ont été cartographiés au NIGER Central en association avec les sols à pseudo-gley de surface précédemment cités et des sols ferrugineux peu lessivés sur sables.

B - I4 FAMILLE SUR PLACAGES ARGILO-SABLEUX SUR MATERIAU ISSU DES GRES MAESTRICHIENS : SERIE DE SARKAKI

a) Morphologie

Le profil NE I3 est situé dans l'interfluve des goulbi de MARADI et N'KABA, sur une surface plane horizontale, dépourvue d'ensablement. La végétation est un bush à *Commiphora africana*, *Combretum micranthum*, *Acacia macrostachia*, *Grewia flavescens*, dominé par quelques *Poupartia birrea* et *Anogeissus leiocarpus*.

Surface : croûte continue, petites surfaces décapées, légères buttes au pied des arbres, quelques rejets

- 0-10 cm IO YR 6/2 ; bris beige assez homogène ; quelques petites zones décolorées ; texture sableuse très hétérogène ; riche en éléments fins nombreux remplissages d'éléments grossiers ; structure massive, débit horizontalement plus aisé, faces planes rugueuses, cohésion moyenne, très mal agrégé ; porosité interstitielle très fine
- 10-32 cm IO YR 6/4 ; contraste moyen, transition sur I à 2 cm ; beige jaunâtre hétérogène ; ségrégations ocre jaunâtre, petites, autour de quelques pores - plages ocre plus ternes, diffuses, nombreuses - réticulum plus clair ; texture sablo-argileuse très hétérogène ; structure polyédrique assez large (4 à 5 cm) en assemblage compact, cohésion forte ; porosité presque tubulaire ($\phi = 0,5$ à 1 mm) inégalement répartie, assez bien développée
- 32-50 cm IO YR 6,5/4 ; contraste moyen ; teinte beige jaunâtre parsemée de taches rouge clair (2,5 YR 6/6) à contraste moyen de plus en plus fort vers la base du profil ; texture argilo-sableuse, structure polyédrique motteuse (I à 2 cm) en assemblage compact, sous-structure polyédrique,

cohésion forte à très forte, fissures fines tous les 20 à 30 cm, porosité semi-tubulaire médiocrement développée, assez grossière, horizon dur.

50-97 cm 7,5 YR 7,5/0 ; contraste fort, transition sur 1 cm ; gris bleuté assez clair, uniformément parsemé de mouchetures rouge vif groupées en amas à fort contraste, limite nette, extrêmement abondantes (I/2 à 1 cm) isodiamétrique mais assez souvent étirées verticalement - outre la teinte rouge de ces mouchetures on note des zones plus ocre (2,5 YR 4/8) principalement réparties à la périphérie de ces amas, dont la cohésion est un peu plus forte, et qui peuvent souvent s'extraire du profil ; texture argileuse ; structure polyédrique (I/2 cm) motteuse, à facettes très souvent lisses assemblage homogène, de compacité moyenne, cohésion moyenne à forte ; porosité tubulaire des agrégats ($\phi = 1/4$ à $1/2$ mm) médiane taches compactes.

Vers I20 7,5 YR 7,5/0 , transition brutale ; banc de concrétions ferruginisées semblant s'être développées dans un niveau de graviers de quartz - concrétions mamelonnées (1 à 2 cm) ciment rouge brun ou jaune brun, semblent plus foncées et régulières au sommet, cassure légèrement polyédrique avec de nombreux grains de quartz fins - quelques noyaux de 2 à 3 cm avec taches noires - présence de plaquettes de grès ferruginisé à ciment brun et jaune - emballage gris bleuté possédant encore les amas de moucheture de l'horizon précédent, à structure polyédrique fine et porosité nulle.

Enracinement : présent jusqu'à 45 cm.

Nous avons affaire ici à un sol ferrugineux lessivé érodé à forte hydromorphie de profondeur. Cette évolution est probablement contemporaine de celle que l'on peut constater sur l'ensemble des surfaces grésuses en affleurements (Continental Hamadien, Continental Terminal). La principale caractéristique de ces sols réside dans les manifestations d'hydromorphie intense qui affectent les horizons profonds et qui résultent à la fois de l'imperméabilité du matériau et du modelé très aplani. Actuellement, ces sols subissent un engorgement de surface, favorisé par les mêmes facteurs, auxquels s'ajoutent l'effet du lessivage ancien qui a accru l'imperméabilité.

b) Propriétés analytiques

Les taux de matière organique sont assez forts, de l'ordre de 1 % en surface. Le rapport C/N est élevé, (23) en regard de ceux observés en sols bien drainés de la même zone climatique, il confirme l'hydromorphie temporaire de surface.

Les variations verticales du taux d'argile sont importantes, et la constance des proportions entre les autres éléments texturaux non nobiles permet de conclure à l'homogénéité du profil et d'attribuer ces variations au lessivage, dont le coefficient est alors de 4 (surface A = 9 - 10 % horizon B : A = 35 à 40 %)

Les taux de fer libre montrent également une nette accumulation en cet élément dans l'horizon B

Le complexe absorbant est fortement désaturé (0,50) dans tout le profil, avec des variations à peine significatives, mais qui situent le minimum du taux de saturation dans l'horizon d'accumulation. La capacité d'échange, appréciée dans les horizons nonhumifères est de 15 meq pour 100 g d'argile, ce qui précise la nature kaolinique de celle-ci. La matière organique de l'horizon de surface accroît notablement sa capacité d'échange, qui est de 5 meq pour 100 g de terre, le taux d'argile n'excédant pas 10 %. La somme des bases échangeables est de l'ordre de 2,5 meq pour 100 g de terre ; l'équilibre des bases montre en surface une légère déficience relative en potassium, qui croît vers la base du profil :

surface : Ca = 10 ; Mg = 5 ; K = 1 ; Na = 1
 profondeur Ca = 13 ; Mg = 11 ; K = 1 ; Na = 2,5

Les teneurs absolues en potassium sont moyennes (0,16 meq)

Les taux d'azote et de phosphore sont très moyens (respectivement 0,5 et 0,4 ‰) mais la fertilité chimique est surtout limitée par la forte désaturation du complexe absorbant

La perméabilité est faible à nulle (inférieure à 0,5 cm/h), l'instabilité structurale élevée

c) Utilisation et extension

Ces sols ne sont pas cultivés par suite de leurs propriétés physiques défavorables. Les moins érodés peuvent porter des cultures de sorgho sur billons. Leur extension est très réduite, limitée aux affleurements non ensablés des grès maestrichtiens, situés à la pointe Ouest de l'interfluve entre les goulbi de MARADI et N'KABA.

B - I5 FAMILLE SUR ALLUVIONS ARGILO-SABLEUSES

a) Morphologie

Le profil NF 56 est situé à 6 km au Nord de BIRNI N'KONNI, dans la plaine alluviale du cours aval de la MAGGIA. Le modelé est remarquablement plan et horizontal. Le sol est cultivé en sorgho avec billonnage. La strate arborée comporte Anogeissus leiocarpus, Adansonia digitata, Acacia adstringens, Faidherbia albidia, Bauhinia reticulata.

Surface : encroûtement consécutif aux pluies récentes

- 0-25 cm 5 YR 4/5 : brun rouge avec marbrures diffuses légèrement plus rouges ; texture ~~limono-sableuse~~ à sables fins ; structure à tendance cubique parfois massive, cohésion irrégulière, presque forte ; porosité tubulaire très irrégulière ; nombreuses zones compactes, moyennement développées.
- 25-65 cm 7,5 YR 5/5 ; contraste moyen à faible, transition sur 45 cm ; brun moins rouge, hétérogène, ségrégations noires uniformes ou filamenteuses ; texture plus argileuse ; structure massive, débit polyédrique à cubique assez aisé (1 à 3 cm) cohésion forte ; même type de porosité mais plus réduite, zones compactes plus abondantes.
- 65-130 cm 10 YR 5/8 ; contraste moyen à fort ; brun verdâtre, très hétérogène, taches ocre rouge, ocre, jaunes, gris-verdâtre de forme irrégulière, à contours assez nets - concrétions (\varnothing 1 cm) section à centre noir, périphérie ocre-rouge variablement indurées, s'écrasent parfois entre les doigts ; texture argileuse structure massive à débit très irrégulier parfois aisé, donnant de petits agrégats polyédriques très irréguliers (0,5 à 2 cm) porosité tubulaire réduite.
- 130-220 cm 10 YR 5/7 ; contraste moyen, transition sur 20 cm ; brun jaune hétérogène ; fines marbrures ocre ou grises - mêmes concrétions moins abondantes, devenant de plus en plus grosses vers la base (2 à 3 cm) et de moins en moins indurées texture très finement sableuse ; structure massive, débit assez irrégulier, cohésion moyenne à forte ; porosité très fine moyennement développée

Enracinement : assez abondant jusqu'à 50 cm

La profondeur d'apparition des traces d'hydromorphie temporaire (taches et concrétions ferrugineuses et manganésifères) varie d'un profil à l'autre entre 25 (NF 55) et 50 cm. Les horizons supérieurs montrent cependant, et de façon constante, des ségrégations diffuses plus rouges, ou marbrures à faible contraste, traduisant l'existence d'un léger engorgement temporaire de surface.

b) Propriétés analytiques

Matière organique

Les taux de matière organique sont moyens à faibles (0,40 %) ; la décroissance verticale est rapide sur les 20 premiers cm, mais on observe encore des taux appréciables à plus d'un mètre de profondeur (0,24 %).

Le rapport C/N reste bas (7 à 8) confirmant le caractère très temporaire de l'hydromorphie.

Texture

La texture est sablo argileuse en surface (A = 20 à 25 %), argilo-sableuse dès 20 cm (A = 28 à 36 %) ; ces variations verticales sont attribuables à la mise en place du dépôt, il n'y a pas trace de lessivage. Le rapport Limon/Argile est assez élevé (0,2 à 0,35). La fraction sableuse est à très large dominance de sables fins (sables fins/sables grossiers) = 7 à 20)

Complexe absorbant

Le pH de ces sols est **acide** (inférieur à 6) malgré un taux de saturation élevé, supérieur à 0,80, ce qui est fréquent en sol hydromorphe ; il remonte à la base du profil, probablement par suite d'une légère accumulation de carbonate de calcium qui s'individualise parfois en pseudomycellium.

La capacité d'échange est élevée, de l'ordre de 50 meq pour 100 g d'argile traduisant une notable proportion d'argiles de type 2/I. Les réserves en bases échangeables sont abondantes (8 à 20 meq pour 100 g de sol) ; le calcium y domine largement. Les teneurs relatives moyennes sont les suivantes :

Ca = 65 ; Mg = 19 ; K = 1 ; Na 0,2

Fertilité chimique

Les taux d'azote sont très moyens (0,30 ‰), ceux de phosphore élevés (1 à 3 ‰). La fertilité chimique est bonne, limitée seulement par un stock organique insuffisant

Propriétés physiques

La perméabilité est moyenne en regard de la texture, égale ou légèrement supérieure à 2 cm/h elle doit permettre un ressuyage rapide du sol.

c) Utilisation

La valeur agronomique de ces sols est élevée ; actuellement cultivée **en soûghô**, ils constituent également de bonnes terres à coton, culture pour laquelle, il faudra cependant améliorer la structure superficielle (battance) par un travail suffisamment profond et billonnage/

d) localisation

Ces sont les sols de la plaine à alluvions anciennes rouges de BIRNI N'KONNI ; au Sud de la route de NIAMEY, ils emboîtent des alluvions plus récentes à vertisols.

TABLE DES MATIERES

PAGES

LE MILIEU NATUREL

I SITUATION GEOGRAPHIQUE	I
II LE CLIMAT	
II A GENERALITES	I
II B PRINCIPALES GRANDEURS CLIMATIQUES	2
II C BILAN HYDRIQUE DES SOLS - INDICES CLIMATIQUES	6
III LES ROCHES MERES ET LES MATERIAUX ORIGINELS DES SOLS	
II A STRATIGRAPHIE DES PRINCIPALES FORMATIONS GEOLOGIQUES DU NIGER CENTRAL	8
III B LES MATERIAUX ORIGINELS DES SOLS AU NIGER CENTRAL ..	13
IV LA VEGETATION	20
V L'AGRICULTURE	26

ETUDE PEDOLOGIQUE

INTRODUCTION	29
I LES SOLS MINERAUX BRUTS	34
II LES SOLS PEU EVOLUES	35
II A LES SOLS PEU EVOLUES D'EROSION	
II A 1 - Régosols à faciès intergrade vers les sols subarides de glaciais sur grès et calcaires de l'ADER DOUTCHI	35
II A 2 - Régosols à faciès intergrade vers les sols ferru- gineux non ou peu lessivés	
A 2 - 1 - Famille sur placages argilo-sableux issus d'al- luvions à galets	40
A 2 - 2 - Famille sur placages sablo-argileux sur dalle localement ferruginisée	44
II B LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT	
II B 1 - Sols peu évolués d'apport bien drainés à faciès intergrade vers les sols ferrugineux sur collu- vions hétérogènes stratifiés	49
II B 2 - Sols peu évolués d'apport mal drainés	
B 2 - 1 - Famille sur alluvions sablo-argileuses issues du Ct I	52
B 2 - 2 - Famille sur alluvions et colluvions hété- rogènes des vallées de l'ADER DOUTCHI	55
B 2 - 3 - Famille sur alluvions récentes finement sableuses	58
B 2 - 4 - Famille sur alluvions indifférenciées	62

III LES SOLS BRUNS ARIDES

III A GENERALITES	63
III B LES SOLS BRUN ROUGE	65
III B I - LES SOLS BRUN ROUGE PEU DIFFERENCIES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS RECENTS	

B I 1 - Série de YAGADJI	66
B I 2 - Série de D'EIDIR	69
B I 3 - Série de MARKIE	72
B I 4 - Série de TAGUIRISS	74
B I 5 - Série de TOUDOUNI	76

III B 2 - SOLS BRUN ROUGE TYPHIQUES SUR LA FORMATION
SABLEUSE DES ERGS ANCIENS

B 2 1 - Série de DAKORO	80
B 2 2 - Série de DAN MAKAO	85
B 2 3 - Série de CHINIELGA	86
B 2 4 - Série de KOUKALATA	91
B 2 5 - Série de BELBEDJI	93
B 2 6 - Série de TAGAE	97

III B 3 SOLS BRUN ROUGE A CONCRETIONS SUR SABLES GROSSIERS
ARGILEUX DES VALLEES SECHES (MAGGIA)

102

III B 4 SOLS BRUN ROUGE A MARBRURES SUR SABLES
GROSSIERS DES VALLEES SECHES (MAGGIA)

108

III B 5 SOLS BRUN ROUGE DURCIS DE GLACIS

111

B 5 I - Famille sur placages sablo-argileux sur reg
résiduel

112

IV SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

IV A GENERALITES

115

IV B LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX NON OU PEU LESSIVES

IIV B I SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX NON LESSIVES

B I 1 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX NON LESSIVES TYPI-
QUES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS
ANCIENS

116

B I 2 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX NON LESSIVES A MAR-
BRURES SUR SABLES ARGILEUX

121

IV B 2 SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER

B 2 I - SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER PEU DIF-
FERENCIES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES
ERGS RECENTS

B 2 I I - Série de GARAGOUMZA & de KORNAKA	I25
B 2 I 2 - Série de BAGAROUA	I30
B 2 2 SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER TYPIQUES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS ANCIENS	
B 22 I - Famille sur la formation sableuse des ergs anciens	
2 I I - Série de DADORIA	I35
2 I 2 - Série de TANTCHIA	I40
22 I 3 - Série de DAN GONA	I41
2 I 4 - Série de SAMIA ANDI	I45
B 2 2 2 - Famille sur la formation des sables fai- blement argileux de MARADI	
2 2 I - Série de MARADI, WAKASOU & GAYAKOLI.....	I46
2 2 2 S Série de MADAROUNFA	I53
B 2 3 SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER A MARBRURES SUR LA FORMATION SABLEUSE DES ERGS ANCIENS	
B 2 3 I - Série de SOULOULOU	I56
B 2 5 SOLS FERRUGINEUX LESSIVES EN FER A CONCRETIONS	
B 2 5 I - Famille sur placages sablo-argileux	
5 I I - Série de KOUROUNGOUSA	I58
5 I 2 - Série de GIDAN ROUMJI	I61
B 2 5 2 - Famille sur la formation sableuse des ergs anciens	
5 2 I - Série de KOUTOUMBOU	I64
5 2 2 - Série de AJEKORIA	I68
B 2 5 3 - Famille sur sables grossiers des vallées sèches	
5 3 I - Série de KANIAGOMA	I71
B 2 6 SOLS FERRUGINEUX GRIS ET OCRES DE BAS FOND	
B 2 6 I - Famille sur sables grossiers des vallées sèches	
6 I I - Série de ZOUZOURMA	I74

IV C SOLS FERRUGINEUX LESSIVES	
IV C SOLS FERRUGINEUXX LESSIVES SANS CONCRETIONS	
C I I - Famille sur placages argilo-sableus issus du CtI ...	I79
IV C 2 SOLS FERRUGINEUX LESSIVES A CONCRETIONS	
C 2 I - Famille sur grès argileux	I82
V LES VERTISOLS	
VA GENERALITES	I85
VB LES VERTISOLS LITHOMORPHES ET LE S VERTISOLS D'ORIGI-	
NE MIXTE SUR ARGILES SEDIMENTAIRES	I86
VC LES VERTISOLS HYDROMORPHES SUR ARGILES ALLUVIALES	I91
VI LES SOLS HYDROMORPHES	I95
VI A LES SOLS A GLEY	
VI A I SOLS A GLEY DE PROFONDEUR	
A I I Famille sur sables grossiers des vallées sèches	
(goulbi)	I96
VI B SOLS A PSEUDO GLEY	
B I I Famille sur argiles alluviales	I99
B I 2 Famille sur amériau sablo-argileuxx issu de gra-	
nites calco-alcalins	202
B I 3 Famille sur placages argilo-sableus issus des grès	
du Continental Hamadien et des alluvions du	
Quaternaires ancien de MARADI	204
B I 4 Famille sur placage argilo-sableux issus des grès	
maestrichtiens	
Série de SAKARKI	206
B I 5 Famille sur alluvions argilo-sableuse	208

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

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay, BONDY (Seine)

Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar-Hann.

B. P. 1386 - DAKAR (Sénégal)