

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O. R. S. T. O. M. DE DAKAR-HANN

SOLS ET PEDOGENESE
DANS LES
BASSINS VERSANTS DES VOLTAS
BLANCHE ET ROUGE
(cours moyens)

Par

B. KALOGA

Juin 1965

TABLES

1ère Partie : Etude du milieu naturel -

Avant - Propos	P. 1
I - Situation Géographique	p. 2
II. Climat	p. 5
III. Végétation	p.12
IV . Géologie et altération des roches	p.15
V . Géomorphologie	p.23

2ème Partie - LES SOLS -

I - Classification.....	p.35
II. Etudes morphologiques et analytiques	
II1 Sols minéraux bruts	
1.1. Famille sur cuirasse ferrugineuse	p.39
1.2. Famille sur granitogneiss	p.50
II2.Les Sols peu évolués	p.53
A.1.1.Sols peu évolués bien drainés, faciès intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux. Famille sur alluvions sableuses	p.54
A.1.2.Sols peu évolués hydromorphes	
1.Famille sur cailloux pegmatitiques	p.55
2.Famille sur sables et granites	p.58
3.Famille sur graviers schisteux	p.59
II3.Les Vertisols et Paravertisols	
Plan d'étude	p.61
A. Définitions et principes de la classification	p.62
B. Vertisols à pédoclimat humide pendant de longues périodes	p.71
Conditions de formation	p.71
B1. Vertisols hydromorphes à horizon de surface à structure fine.....	p.72
B1.1. Vertisols hydromorphes moyennement structurés	
1.Famille sur argiles lourdes	p.72
a. Série à structure polyédrique grossière en surface	p.72
b. Série à structure polyédrique moyenne à petite, à réseau de chenaux	p.76
c. Série à structure prismatique grossière en surface: transition avec les Vertisols à structure large	p.78
B.2. Vertisols hydromorphes à structure large dès la surface.....	p.79
B.3. Caractères généraux des Vertisols hydromorphes.....	p.80

C.	Vertisols à pédoclimat seulement temporairement humide.	
C.1.	Vertisols lithomorphes à horizon de surface à structure fine.	
	Vertisols lithomorphes moyennement structurés	p. 81
C.1.1.	Etude monographique.	
1.	Famille sur argiles lourdes	
a.	Série typique à structure polyédrique grossière en surface ...	p. 81
b.	Série typique à structure polyédrique moyenne en surface	p. 96
c.	Série typique à structure prismatique moyenné à petite en surface	p. 98
d.	Série à faibles recouvrements argilo-sableux à sablo-argileux ..	p.100
e.	Série à faibles recouvrements sableux	p.103
f.	Série à faibles recouvrements gravillonnaires ou polyphasés gravillonnaires en profondeur	p.107
g.	Série peu développée	p.108
C.1.2.	Caractéristiques générales des Vertisols lithomorphes des Voltas Blanche et Rouge	p.111
1.	Conditions de formation	p.111
2.	Caractères morphologiques	p.113
a.)	Différenciation et couleur	p.113
b.)	Matière organique	}
c.)	Texture	
d.)	Structure	
e.)	Cohésion et porosité	p.116
B.	Caractères analytiques --	
a.)	Matière organique	p.117
b.)	Granulométrie	p.117
c.)	Dynamique du fer	p.118
d.)	Complexe absorbant (minéralogie-chimisme)	p.119
e.)	Caractéristiques physiques	p.123
	(Porosité - Tests Henin)	
f.)	Réserves minérales	p.123-C
II.4.	Les Sols à Mull - Sols Bruns eutrophes tropicaux	p.125
	Plan d'Etude	p.125
A.)	Définitions et Principes de la classification	p.126
1.	Caractères distinctifs par rapport aux sols de type ferrugineux tropical	p.127
2.	Caractères distinctifs par rapport aux Vertisols	p.127
3.	Autres caractéristiques	p.128
4.	Classification	p.129
B. 1.	Les Sols Bruns eutrophes vertiques	
B.1.1.	Etude monographique	
1.	Famille sur matériaux argileux dérivés de schistes	

- a.) Séries bien développées de colmatage des thalwegs p.130
- b.) Série bien développée en position de bon drainage externe p.134
- c.) Série de Guenon p.135
- d.) Série du Bomboré p.140
- e.) Série sur matériaux polyphasés p.143
- f.) Série passant aux Vertisols p.144

2. Famille sur matériaux argileux dérivés de gneiss à amphiboles

- a.) Série à nodules et concrétions calcaires p.148
- b.) Série sans accumulation calcaire à structure fine en surface p.149
- c.) Série de Wayen p.150
- d.) Série peu développée p.151

B.1.2. Caractères Généraux

- 1. Conditions de formation et évolution p.153
- 2. Caractères morphologiques p.157
- 3. Caractères analytiques p.157

B.2. Sols Bruns eutrophes vertiques hydromorphes

- Famille sur matériaux argilo-sableux à argileux p.161

II. 5. Les Sols Halomorphes -

- Plan d'étude p.168

A. Définition et classification p.169

B. Sols Halomorphes à structure modifiée

Sols non lessivés à alcalis à faible teneur en sels solubles

1. Famille sur argile finement sableuse

- 1.1. Etude monographique p.191
- 1.2. Caractères généraux
 - a) Conditions de formation p.181
 - b) Caractères morphologiques et analytiques p.181

2. Famille sur matériaux argilo-sableux p.185

- 2.1. Caractères généraux p.185
- 2.2. Etude monographique p.186

II.6. Les Sols Hydromorphes

- Plan d'étude p.192

A. Définition et principes de la classification p.195

B. B₁. Hydromorphie de surface ou d'ensemble

B.1.1. Sols à Pseudogley de surface ou d'ensemble à taches

1. Familles sur alluvions limono-sableuses à argileuses

- 1.1. Famille sur alluvions argileuses p.198
 - a) Série à structure polyédrique moyenne à petite en surface p.199
 - b) Série à structure polyédrique moyenne à grossière avec une tendance prismatique p.201
 - c) Série à structure grossière à large en surface p.203

1.2. Famille sur alluvions limono-sableuses à sablo-limoneuses ...	p. 208
2. Famille sur argilés à recouvrements	
a) Série bien structurée à tendance verticale	p. 211
b) Série bien structurée sans tendance verticale en profondeur ..	p. 215
B.1.2. Pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions et taches	p. 218
1. Famille sur arène granitique argilo-sableuse	p. 218
2. Famille sur arène granitique gravelleuse	p. 232
3. Famille sur argile verticale et gravillons	p. 239
4. Famille sur gravillons et cailloux	
B. 2. Pseudogley de Profondeur	
B.2.1. Pseudogley de profondeur à concrétions et taches	
1. Famille sur arène granitique gravelleuse	p. 256
2. Famille sur gravillons à recouvrements divers	p. 261
3. Famille sur graviers et cailloux à recouvrements sableux	p. 269
4. Famille sur arène granitique argilo-sableuse à recouvrements	p. 276
4.1. Génèse et discussion de la classification	p. 276
(discussion de la classification des pseudoprofils ferru- gineux tropicaux lessivés).	
a.) Réalité des apports polyphasés : constatation du fait	p. 293
b.) Réalité des apports polyphasés: comportement des pseudo- horizons d'accumulation d'argile	p. 296
c.) Réalité des apports polyphasés: comportement des pseudohorizons d'accumulation de fer et de manganèse	p. 302
d.) Réalité des apports polyphasés: comportement des fractions sableuses à travers les profils	p. 307
e.) Examen microscopique de lames minces de sols	p. 311
f.) Conclusion	p. 312
4.2. Etude des séries	
4.2.1. Sols à recouvrements polyphasés argilo-sableux puis sableux à sablo-argileux	p. 315
a) Sols à intense concrétionnement	p. 315
b) Sols à grandes taches rouges à rouille et à concrétions ..	p. 318
c) Sols de bas de pente	p. 320
d) Sols à carapace ferrugineuse ou ferromanganifère	p. 324
e) Importance et répartition des séries	p. 327
f) caractéristiques analytiques	
f.1. matière organique	p. 327
f.2. Minéralogie	p. 327
f.3. Individualisation des hydroxydes	p. 330
f.4. Complexe absorbant	p. 331
f.5. Caractéristiques physiques	p. 333

4.2.2. Sols à recouvrements sableux.....	p.334
a.) Sols à carapace ancienne en profondeur	p.334
5. Famille sur alluvions sablo-argileuses à argilo-sablouses	p.338
a.) Sols bien drainés en surface	p.339
b.) Sols mal drainés sur l'ensemble du profil	p.341
c.) Caractères analytiques	
6. Famille sur argiles à gravillons ferrugineux et recouvrements	p.346
B.2.2. Pseudogley de Profondeur à taches	
1. Famille sur argiles à recouvrements	p.352
a.) Série bien structurée et verticale en profondeur sur argile d'altération de schistes	p.352
b.) Série sur argile gravelleuse dérivée de schistes	p.354
c.) Série bien structurée et verticale en profondeur sur matériaux plus ou moins alluvial	p.355
d.) Série bien structurée reposant sur cuirasse ancienne	p.357
2. Famille sur alluvions diverses	p.358
Conclusion	p.362
Bibliographie	

Ière P A R T I E

E T U D E D U M I L I E U N A T U R E L

- I.- SITUATION GEOGRAPHIQUE
 - II.- CLIMAT
 - III.- VEGETATION
 - IV.- GEOLOGIE : LES ROCHES ET LEUR ALTERATION
 CONSEQUENCES PEDOLOGIQUES & HYDROLOGIQUES.
 - V.- GEOMORPHOLOGIE
 - VI.- HYDROGRAPHIE SOMMAIRE
-

A V A N T - P R O P O S

La reconnaissance pédologique des Bassins Versants des Voltas Rouge et Blanche a été entreprise à la demande du Service du Génie Rural de la République de Haute-Volta.

Elle a fait l'objet d'une convention, par entente directe entre le Gouvernement de la République de Haute-Volta et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

Un rapport de convention à vocation essentiellement technique et utilitaire a été déjà rédigé (28). Nous lui avons adjoint cependant l'étude du milieu naturel destiné en réalité au rapport présent à vocation plus scientifique et inséparable de ce dernier. Nous reprendrons donc ici l'étude du milieu naturel dans lequel le chapitre de la Géomorphologie sera remanié les autres chapitres restant pratiquement inchangés.

Les travaux de prospection se sont déroulés en deux campagnes, 1961-1962 et 1962-1963 pendant les mois de Décembre à Mai.

Les analyses chimiques et physiques ont été effectuées au Laboratoire des Sols du Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar, et les analyses d'argiles au Laboratoire de Géologie et de Paléontologie de l'Université de Strasbourg.

I.-SITUATION GEOGRAPHIQUE

La République de HAUTE-VOLTA, territoire de l'Afrique Occidentale, est comprise entre les 15ème et 10ème degré de latitude Nord, le 5ème degré de longitude Ouest et le 2ème degré de longitude Est.

Bien situées par leur dénomination, approximativement limitées au Nord par les parallèles 13° Nord (VOLTA BLANCHE) et 12° Nord (VOLTA ROUGE), au Sud par les parallèles 11°10 Nord (VOLTA BLANCHE et VOLTA ROUGE), les zones à prospector s'étirent de part et d'autre des Voltas, comprenant essentiellement les zones inhabitées et généralement constituées en forêts classées (voir carte de situation ci-contre)

Elles se situent essentiellement sur les feuilles au 1/200.000ème de OUAGADOUGOU, TENKODOGO et PO. La feuille de BOULSA n'en porte qu'une très faible partie.

Les principales grandes agglomérations pouvant être considérées comme limitrophes sont du Nord au Sud :

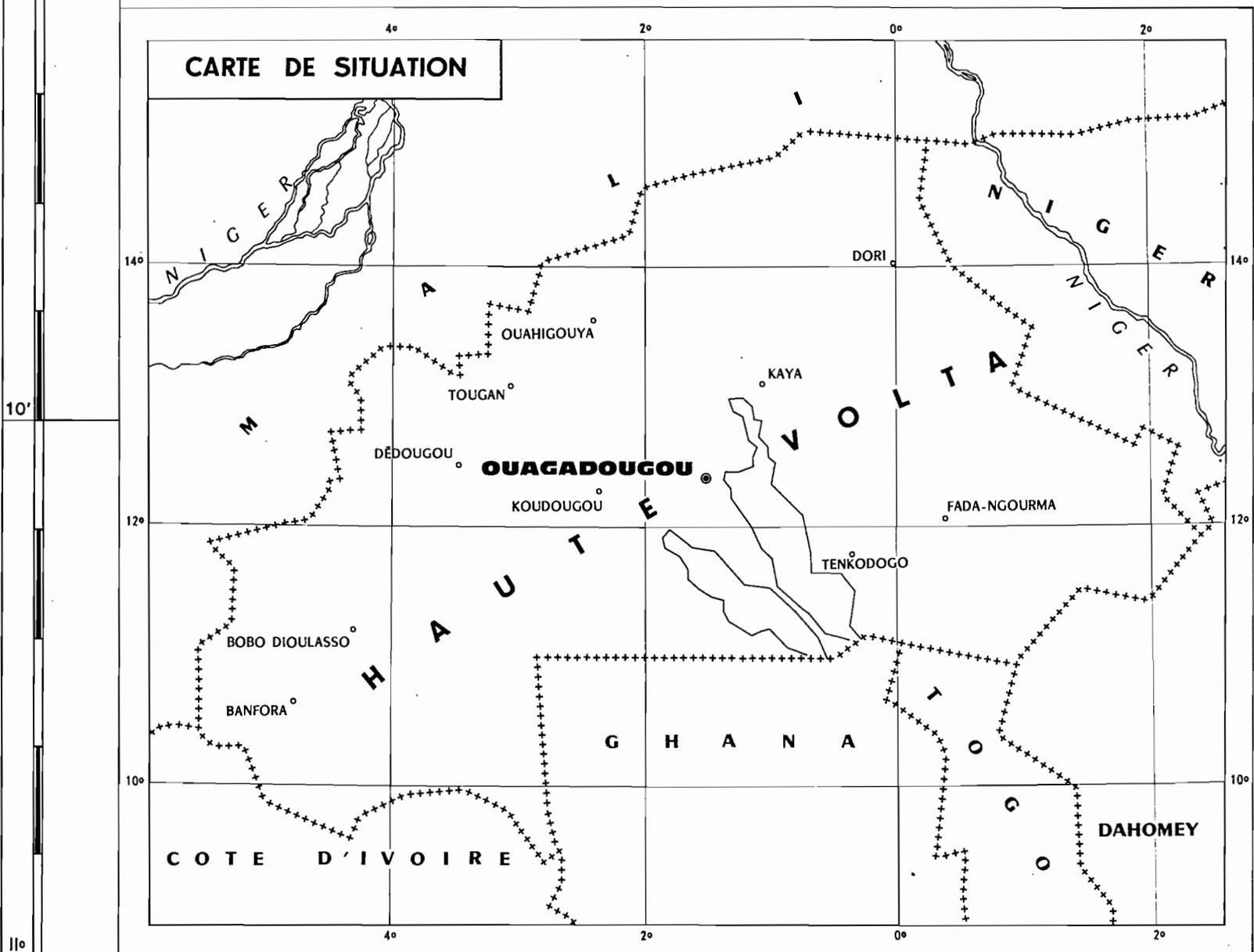
POUR LA VOLTA BLANCHE :

- KAYA	13° 06' N	01° 05' W
- OUAGADOUGOU	12° 21' N	01° 31' W
- ZORGO	12° 15' N	00° 36' W
- KOMBISSIRI	12° 3' N	01° 20' W
- MANGA	11° 40' N	01° 04' W
- GARANGO	11° 48' N	00° 38' W
- TENKODOGO	11° 46' N	00° 23' W
- ZABRE	11° 10' N	00° 39' W

POUR LA VOLTA ROUGE :

- SAPONE	12° 02' N	01° 35' W
- MANGA	11° 40' N	01° 04' W
- PO	11° 10' N	01° 09' W
- ZABRE	11° 10' N	00° 39' W

CARTE DE SITUATION



10'

110

50'

100'

150'

Les bords des deux Voltas sont malsains. Comme le signale J. DUCELLIER (13), en aval de MANE et surtout d'ABCHOUYA, la Volta Blanche devient un véritable axe de répulsion à l'exception des régions de NIAOGO- OUAREGOU et de YERIBA - ZONSE. Parmi les villages situés sur la Volta Blanche, seul NIAOGO prospère, tandis que les autres sont en voie de dépeuplement sinon disparus : YAKALA, NABENDA. Nos parcours nous ont fait découvrir dans la zone des 2 Voltas de très nombreux emplacements d'anciens villages caractérisés soit par des restes de poterie, soit par une végétation arbustive bien venue à base d'Acacia Sp. (Nom mossi : "Gonpôkô").

A NABENDA, il ne reste plus pratiquement qu'une seule famille.

Sur la Volta Rouge, ce phénomène de répulsion est encore plus net. Parmi les villages qui se situent dans la zone de répulsion citons : PENO, où il ne reste plus que le chef de village, BEIDARI dont l'abandon total est très récent (cases écroulées), BOUROU où ne subsistent plus que deux cases, YARO dont l'emplacement est seulement marqué par un tas de laitier de forgeron, YO en voie de dépeuplement.

La cause principale de ce dépeuplement est d'origine sanitaire : enchocercose, trypanosomiase...

II.- LE CLIMAT

A/- CARACTERISTIQUES GENERALES.-

Parmi les agglomérations limitrophes sus-citées, seule OUAGADOUGOU possède des données climatologiques complètes. Les autres ne possèdent que des données pluviométriques vieilles de plus de 40 ans pour KAYA et TENKODOGO (1921), d'une vingtaine d'années pour PO (1942), d'une dizaine d'années environ pour MANGA, GARANGO, et beaucoup plus récentes pour ZABRE dont les normales ne peuvent même pas être calculées. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas fait le diagramme pluviométrique de ZABRE, nous en donnerons seulement quelques relevés. (tableau ci-contre).

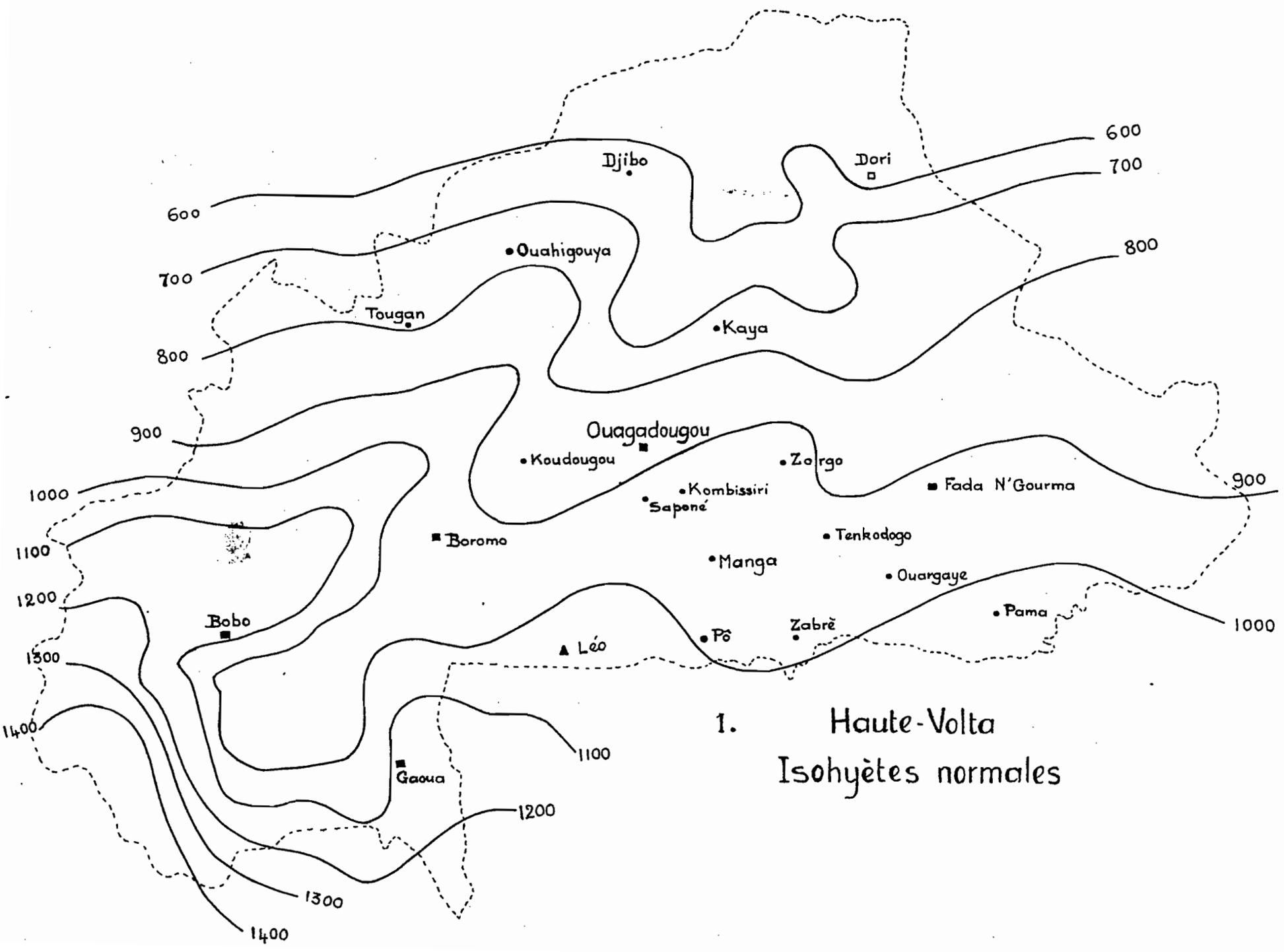
La figure n° 1 montre les isohyètes normales sur l'ensemble du territoire de Haute-Volta, communiqué par l'ASECNA (3) : ZABRE y occupe la même position que PO.

La figure n° 2 représente les données climatologiques concernant OUAGADOUGOU : température, tension de vapeur d'eau et (déficit de saturation).

La figure n° 3 groupe des diagrammes pluviométriques de nos 6 stations.

L'indice des saisons pluviométriques, tel qu'il est défini par Aubréville (5), et, qui indique dans l'ordre : le nombre de mois pluvieux (chutes mensuelles égales à 100 mm et plus), le nombre de mois intermédiaires (chutes mensuelles comprises entre 100 et 30 mm), et le nombre de mois écologiquement secs (chutes mensuelles inférieures à 30 mm) se répartit ainsi du Nord au Sud :

KAYA	3-2-7	Climat Sahélo-Soudanais (AUBREVILLE)			
OUAGADOUGOU	4-2-6	"	"	"	"
MANGA	4-3-5	"	"	"	"



1. Haute-Volta
Isohyètes normales

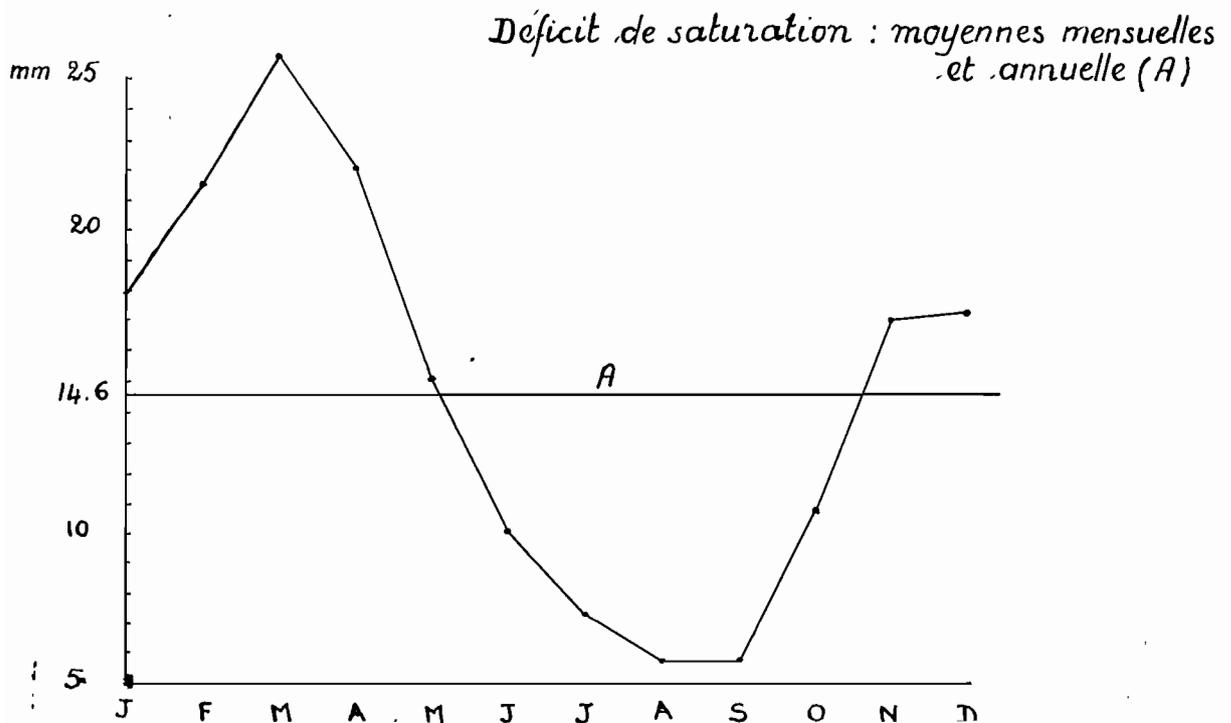
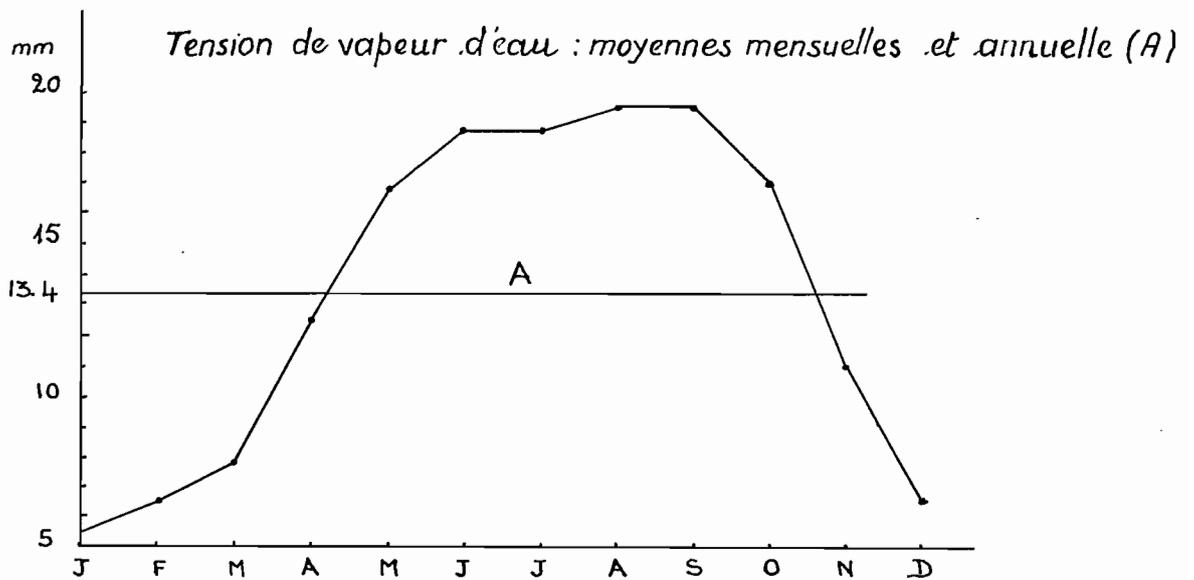
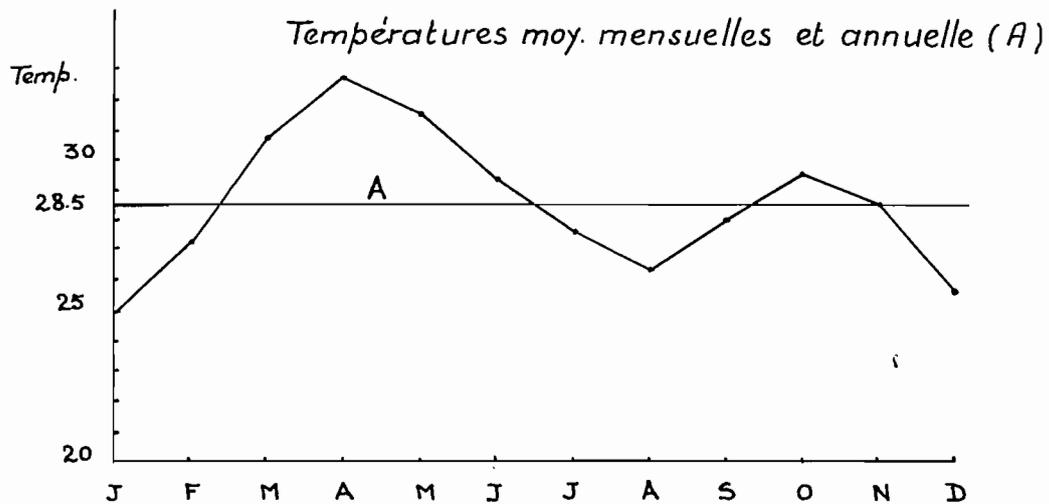
PLUVIOMETRIE DE ZABRE

ANNEE	MOIS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
	H	N													
1954	H	?	0	62	92.2	143.2	147.9	142.2	226.9	154.4	104.3	8.1	?	?	1081.2
	N	?	0	3	3	10	11	10	16	16	11	1	?	?	81
1955	H	0	18.7	13.3	41.3	93.4	99.4	328.0	280.7	?	?	?	?	?	?
	N	0	2	3	4	6	11	17	19	?	?	?	?	?	?
1956	H	0	4.7	60.5	89.7	155.9	129.8	159.6	349.9	175.4	53.2	0	4.6	1183.3	
	N	0	1	3	7	8	12	11	16	15	5	0	1	77	
1960	H	0	0	4.0	79.5	24.6	114.0	137.3	235.6	321.7	50.5	tr	tr	967.2	
	N	0	0	2	5	3	8	15	14	16	5	0	0	68	
1961	H	tr	0	0.5	43.8	113.9	226.5	85.4	189.0	145.7	tr	0	0	804.8	
	N	0	0	1	5	7	10	15	10	12	0	0	0	60	
1962	H	0	0	0	81.3	88.8	84.5	172.4	342.9	175.8	97.8	20.3	0	1063.8	
	N	0	0	0	4	7	13	11	18	14	4	3	0	74	
1963	H	0	62.3	0	78.6	197.8	78.2	366.2	245.3	125.3	?	?	?	?	
	N	0	3	0	8	9	11	16	20	15	?	?	?	?	

H = Hauteur de pluies en mm

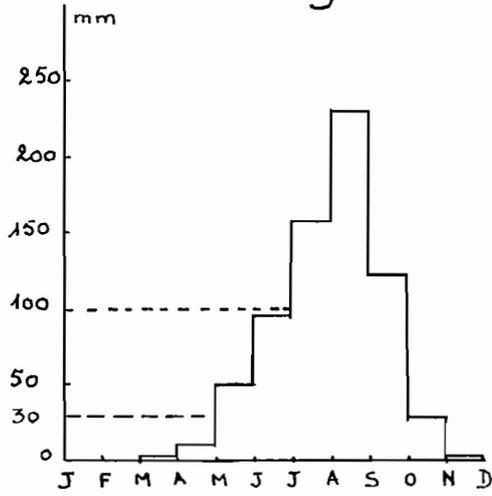
N = Nombre de jours de pluies.

2. Climatologie de Ouagadougou

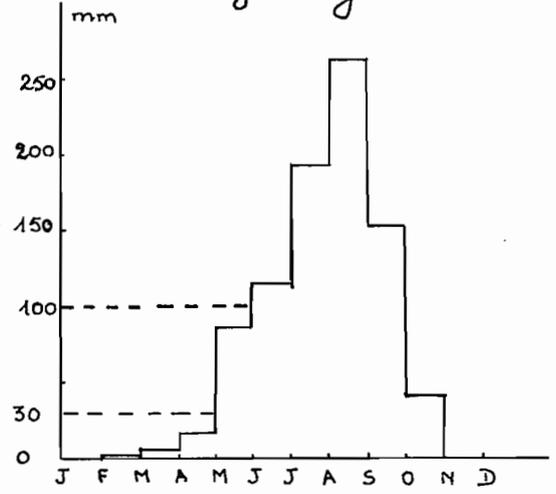


3. Pluviométrie

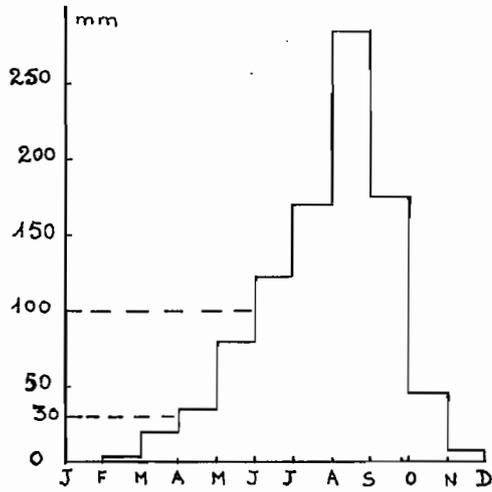
Kaya



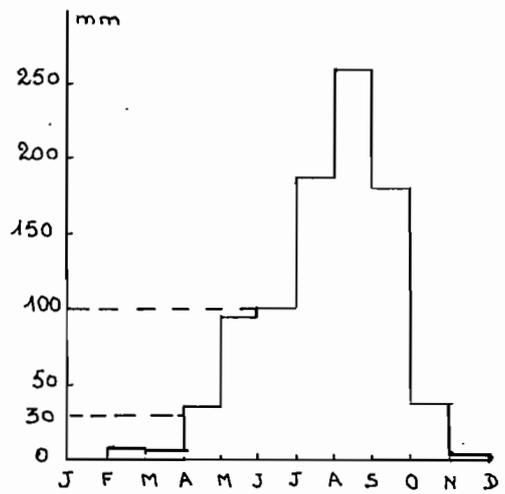
Ouagadougou



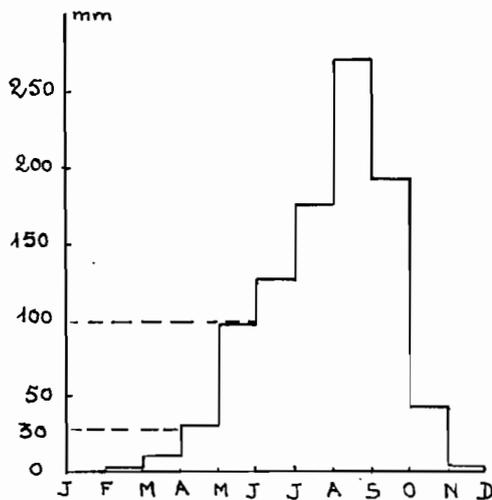
Manga



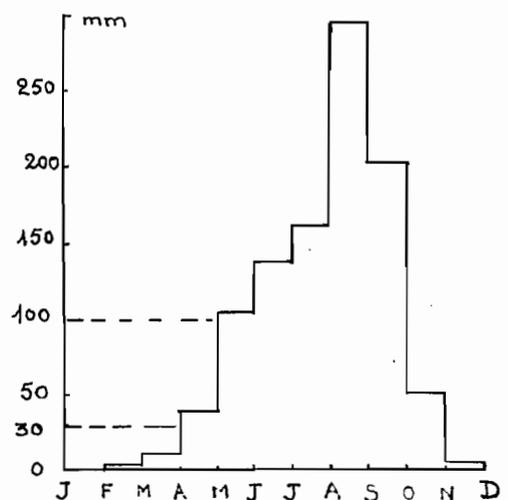
Garango



Tenkodogo



Pô



GARANGO	4-3-5	Climat Sahélo-Soudanais (AUBREVILLE)
TENKODOGO	4-3-5	" " " " "
PO	5-2-5	Climat soudano-guinéen (AUBREVILLE)

Les conditions écologiques s'améliorent du Nord au Sud. De 7 mois de saison sèche, on passe à 5 mois.

Du climat Sahélo-Soudanais typique, représenté par OUAGADOUGOU, nous passons progressivement à PO, au climat Soudano-Guinéen typique tels qu'ils peuvent être définis par leurs indices des saisons pluviométriques.

Résumons les données climatologiques de OUAGADOUGOU comparées aux données d'AUBREVILLE pour le climat Sahélo-Soudanais.

- Température moyenne annuelle élevée : 28° 5 (26° à 31° 5)
- Température moyenne mensuelle minima : 21° 1 (24° à 28° 2)
(plus basse que les données d'Aubreville)
- Température moyenne mensuelle maxima élevée : 35° 9 (30° 5 à 36° 5)
- Amplitude thermique forte : 7° 8 (5° à 10° 2)
- Minima absolu en Janvier-Décembre : 9° 5 et 8° 5
- Maxima absolu en Mars-Avril, Mai très élevé : 44° 0, 45° 5, 45° 2.

Tension de la vapeur d'eau moyenne annuelle : 13,4 mm
(9.7 à 16)

Valeur moyenne

Tension de la vapeur d'eau moyenne mensuelle minima	5.5 mm (3.7 à 8.5)
Tension de la vapeur d'eau moyenne mensuelle maxima	19.4 mm (18 à 22)
Amplitude annuelle excessive	13.9 mm (8.3 à 15)
Déficit de saturation moyen annuel très fort	14.6 mm (11.5 à 22)
Amplitude annuelle excessive	20.1 mm (15.5 à 27)

En résumé, c'est un climat particulièrement contrasté, aux variations élevées de température et excessives d'humidité. En saison

des pluies, le déficit de saturation s'abaisse à 5.7, alors qu'en saison sèche, sous l'influence de l'harmattan, il atteint des valeurs excessives de l'ordre de 20 à 26 mm, la sécheresse est totale.

Le climat Soudano-Guinéen est moins contrasté, l'amplitude thermique est faible à moyenne (4° à 6°), celle de la tension de vapeur d'eau est forte (9.5 à 12.7 mm), celle du déficit de saturation est forte à très forte (7 à 17 mm).

B/- CARACTERISTIQUES PEDOGENETIQUES.-

Les deux saisons du climat vont correspondre à deux phases pédogénétiques.

1°) Décomposition de la matière organique et altération des roches :

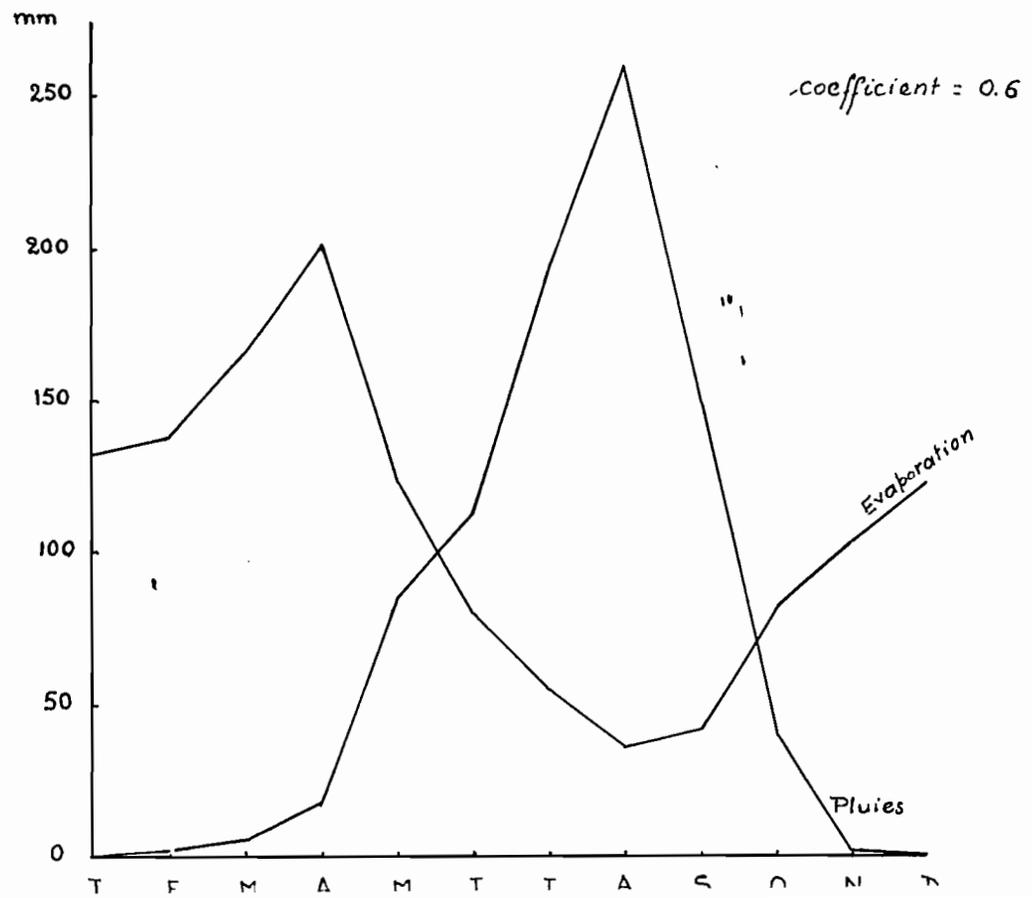
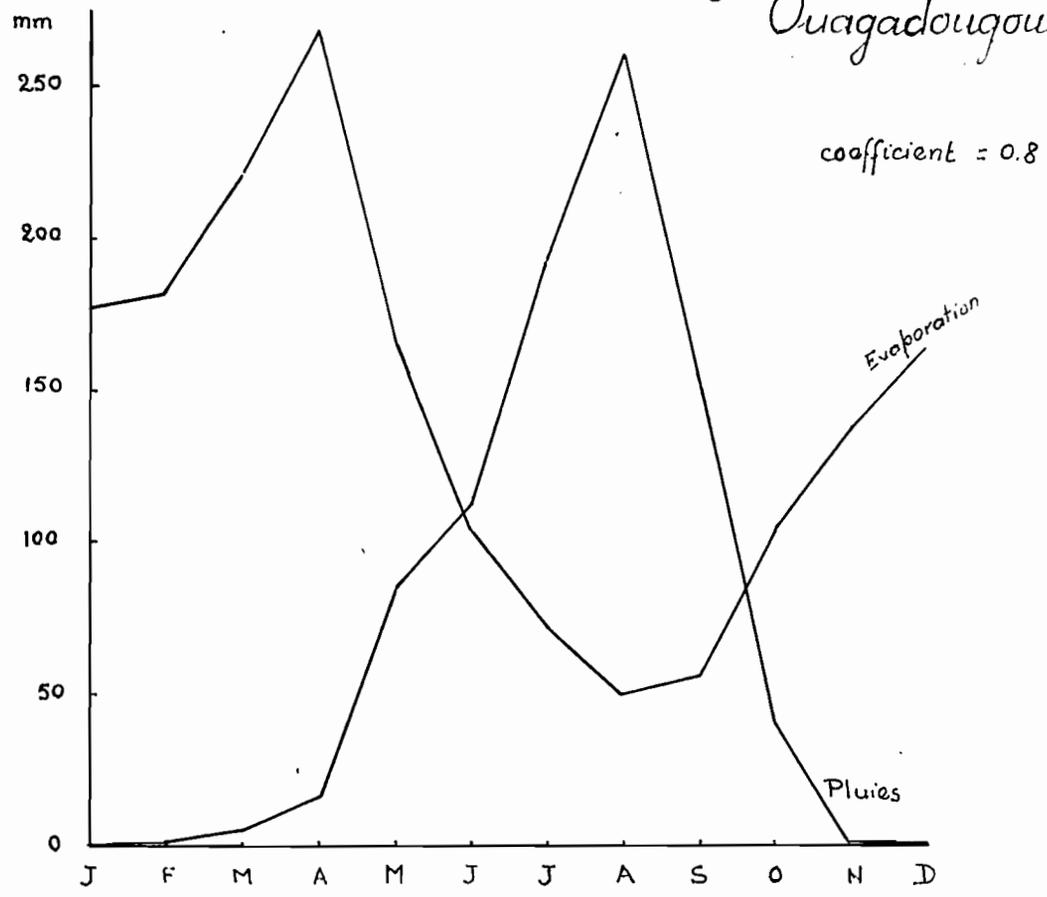
Pendant la saison des pluies, l'humidité abondante, la température optimum, sont des facteurs éminemment favorables à une décomposition rapide de la matière organique. L'influence de ces produits de décomposition, jointe à un optimum de température et d'humidité, provoque une mobilisation intense du Fer et du Manganèse qui avec la décomposition rapide de la matière organique sont les caractéristiques pédologiques essentielles de ces zones.

L'altération chimique, aidée par une altération mécanique intense, dispose de conditions optimum. Si l'intensité est élevée, le degré d'altération lui, dépend de la nature de la roche-mère (voir géologie). Ici les roches basiques donnent de façon constante de la montmorillonite, un peu d'illite et de kaolinite, tandis que les roches les plus acides donnent de façon constante essentiellement de la kaolinite. Sous ce climat, il n'y a pas individualisation de l'alumine, le dernier stade de l'altération des noyaux de silicates d'alumine est la kaolinite.

Si l'on rencontre des noyaux d'altérations plus poussées du type ferrallitique, ce sont des vestiges de conditions climatiques plus anciennes.

2°) Drainage calculé : évolution et lessivage des scls

4. Estimation du drainage mensuel Ouagadougou



a) Indice de drainage calculé AUBERT-HENIN.

$$D = \frac{\alpha \delta P^3}{1 + \alpha \delta P^2}$$

où D est le drainage annuel,

P la pluviométrie annuelle en mètres,

α un coefficient variant de 0.5 à 2 selon la perméabilité du matériau originel,

δ un coefficient dépendant de la température moyenne annuelle T

$$\delta = \frac{1}{0.15 T - 0.13}$$

pour une valeur moyenne de $\alpha = 1$, nous obtenons pour OUAGA-DOUGOU, un drainage calculé de 133 cm, chiffre qui nous situe avec la température moyenne annuelle de 28°5 en pleine "zone ferrugineuse tropicale".

Mais étant donnée la répartition très irrégulière des pluies, il serait plus intéressant d'évaluer le drainage mensuel de chacun des mois pluvieux.

b) Drainage mensuel :

Dans un bilan simplifié où l'on ne tient pas compte du ruissellement, on peut considérer que le drainage est la différence entre les précipitations et l'évaporation.

L'évaporation potentielle définie comme la quantité d'eau évaporée par un sol garni de végétation et bien pourvu en eau, a été estimée par SCHOFIELD (1950) égale à l'évaporation d'une nappe libre multipliée par un coefficient constant variant de 0.6 à 0.8. Les résultats sont portés sur la figure n° 4 pour les valeurs 0.6 et 0.8 du coefficient constant.

On voit que les possibilités de drainage mensuel donc de lessivage sont limitées aux 3 mois de Juillet, Août et Septembre, le mois de Juin étant presque à la limite, surtout si l'on tient compte du ruissellement qui est très intense.

Ces trois mois de lessivage qui sont aussi les 3 mois essentiels de l'évolution pédologique dynamique correspondent à trois mois

d'excès d'eau, qui vont déterminer très facilement des phénomènes d'hydromorphie. Devant de si grosses quantités d'eau, le drainage interne, lié à la position topographique, à la nature du matériau originel et de la roche-mère va jouer un grand rôle dans la différenciation des sols. C'est la cause de la facile hydromorphie dans les zones soudanaises à modelé très plat (pentes généralement de l'ordre de 1 ‰), où la nappe hydrostatique très fluctuante monte généralement haut dans le profil en saison des pluies, et il ne faut pas s'étonner de l'importance des phénomènes d'hydromorphie se superposant presque constamment en masquant même le phénomène de ferrugination tropicale. Il serait même probablement logique de penser qu'il est un phénomène normal de ces zones. J. DRESCH(12) évoquant les plaines soudanaises, qualifie les rivières de dépressions planes constituant un réseau confus et paraissant étrangères aux paysages. Elles ne constituent pas l'axe d'un réseau hydrographique organisé, elles ne rassemblent pas les eaux de la plaine, aussi le déficit d'écoulement est-il énorme. Il qualifie l'écoulement d'endoréique pour une bonne part dès que l'on s'écarte des rives.

3°) Erosion :

L'érosion hydrique du sol, résultat du détachement des particules de terre sous l'influence des précipitations et du ruissellement, et du transport de ces particules sous l'influence du ruissellement, est particulièrement exaltée par le régime pluviométrique de type sahélo-soudanais. Les premières pluies tombent sous forme de tornades sur un sol généralement dénudé par les feux de brousse, encrûté en surface à la suite d'une longue sécheresse. Le ruissellement est donc maximum.

Par ailleurs, les pluies tombent généralement sous forme d'averses. Le premier tableau ci-dessous donne, pour KAYA, OUAGADOUGOU et TENKODOGO la fréquence moyenne annuelle des fortes pluies (période 1920 - 1949) :

	> 50 mm	> 100 mm	> 200 mm
KAYA	0.83	0.03	0
OUAGADOUGOU	1.43	0.07	0
TENKODOGO	2.77	0.21	0

Il y a en moyenne 3 jours de pluie supérieure à 50 mm tous les 2 ans à OUAGADOUGOU, tandis que tous les 15 ans, il y a un jour de pluie supérieure à 100 mm.

A TENKODOGO, ces chiffres sont de près de 3 jours de pluies par an supérieures à 50 mm et 1 jour de pluies supérieures à 100^{mm} tous les cinq ans.

Une autre caractéristique du climat Sahélo-Soudanais est la répartition inégale des précipitations concentrées en quelques mois pluvieux, c'est à un facteur essentiel de l'érosion hydrique. Elle est la base de la formule de FOURNIER (19) permettant d'évaluer la dégradation spécifique DS en tonnes par Km² et par an :

$$DS = 27.12 \frac{p^2}{P} - 475.4$$

formule valable pour les reliefs peu accentués, et $\frac{p^2}{P} > 20$ applicable à notre pénéplaine monotone à relief peu accentué ou quasi inexistant.

p est la pluviométrie du mois le plus arrosé,
P est la pluviométrie annuelle

Le tableau suivant donne pour nos principales stations les valeurs de $\frac{p^2}{P}$ avec les valeurs correspondantes de la dégradation spécifique $\frac{p^2}{P}$ et de l'ablation annuelle supposée uniformément répartie.

	$\frac{p^2}{P}$	DS	Ablation annuelle en mm
KAYA	76	1586	0.63
OUAGADOUGOU	78.5	1654	0.66
MANGA	85.9	1854	0.74
GARANGO	72.7	1496	0.59
TENKODOGO	76.7	1605	0.64
PO	85.8	1852	0.74

Il s'agit là de l'ablation normale, c'est-à-dire de la perte de terre définitive de régions étendues, résultante d'actions plus accélérées en certains points, plus lentes ou négatives en d'autres points.

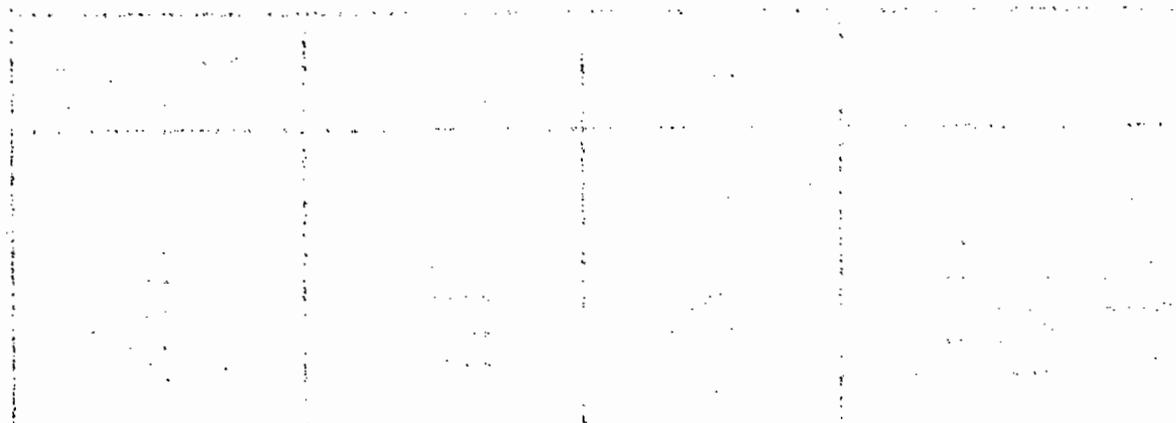
F. FOURNIER (19) en concordance avec des constatations faites par S. HENIN, X. MICHON et Th. GOBILLOT (arrive à une évaluation pour les terrains les plus érodibles 100 fois supérieure à l'érosion normale. Il estime que les valeurs d'érosion qu'on peut enregistrer lors de la culture continue d'une plante non protectrice doivent avoisiner les valeurs d'érosion accélérée.

On voit que l'érosion est ici à l'échelle d'une génération et qu'elle constituera un facteur limitant de la fertilité.

On constate ici trois formes d'érosion : l'érosion en nappe, l'érosion en rigoles et l'érosion en ravins.

L'érosion en nappe se manifeste ici par un exhaussement des touffes graminéennes, un enrichissement résiduel en produits grossiers (sables grossiers, gravillons ferrugineux, cailloux de quartz) souvent groupés par plages. Elle se transforme en érosion en ravines le long des moindres chemins et des pistes.

Résultat, d'une énergique reprise d'érosion, l'érosion en ravins sévit, le long des moindres petits ruisseaux. Elle menace de nombreux chemins et rend la pénétration très difficile dans les Bassins Versants (feuille de TENKODOGO essentiellement). Les têtes de ravins sont parfois constituées par de larges niches de décrochement.



III.- LA VEGETATION

1°/- LES SOLS NON VERTIQUES

Ce terme désigne ici tous les sols des Bassins Versants des VOLTAS BLANCHE ET ROUGE, exceptés les Vertisols.

Nous distinguerons trois zones de végétations : au centre, une zone soudanienne, à l'extrême Nord une zone à affinités soudano-sahéliennes et au Sud une zone à fortes affinités soudano-guinéennes.

a) L'Extrême Nord : Ici la végétation naturelle a été très dégradée par une intense colonisation humaine. La savane parc anthropique à Butyrospermum Parkii avec Sclerocarya birrea ou Lanea microcarpa accompagnés de repousses de Bauhinia sp., Acacia seyal, Ziziphus sp., occupe fréquemment les champs. Elle fait parfois place à la savane parc anthropique à Faidherbia albida. Ailleurs, les espèces assez caractéristiques de la zone soudano-sahélienne se rencontrent fréquemment. Elles sont, par ordre d'abondance : Bombax costatum, Combretum micranthum, Sclerocarya birrea, Acacia seyal, Lanea acida microcarpa, Balanites aegyptiaca.

Les plateaux alluviaux ocre, limono-sableux, sable-argileux, sont caractérisés par une savane parc à Bombax costatum, Sclerocarya birrea, Combretum micranthum, Acacia seyal, Ziziphus sp., Bauhinia sp. (reticula) Balanites aegyptiaca.

Les sols argilo-sableux souvent gravillonnaires plus ou moins mal drainés en profondeur reposant ou non sur la cuirasse ancienne portent le plus fréquemment la savane parc anthropique à Karité avec Sclerocarya birrea et de nombreuses repousses de Bauhinia.

Les sols brunâtres argileux, plus ou moins mal drainés, plus ou moins structurés (sols bruns eutrophes vertiques) portent une savane parc à Faidherbia albida, Lanea acida microcarpa ou à Karité, Lanea acida microcarpa, Sclerocarya birrea.

Les cuirasses affleurantes sont généralement, soit totalement nues-vastes champs de pierres et de cailloux absolument plats - soit recouvertes d'une végétation herbeuse, dense à base essentielle-ment de Loudetia togoensis.

b) Le Centre : Aux environs de la route OUAGA-KAYA, on ne rencontre déjà plus de cuirasses nues ou à Loudetia, les sols gravillonnaires peu profonds sur cuirasse portent essentiellement une savane arbustive à base de Combretum glutinosum avec Acacia sp., Spondia mombin, Guiera senegalensis, quelques Anogeissus leicarpus et Bombax costatum, ou une savane parc à Karité (Butyrospermum Parkii) avec Landolphia senegalensis ou Andropogon gayanus, Loudetia togoensis, Hyparrhenia sp., Pennisetum cenchroides se partagent la strate herbacée.

Aux environs de Limnognin apparaît déjà sur les sols à cuirasse et carapace la savane boisée à Anogeissus leiocarpus, Bombax costatum, ou la savane parc à Karité avec Anogeissus leicarpus, Combretum glutinosum, Terminalia glaucescens, Combretum micranthum, Gardenia sp. (aqualla), Acacia sp., Sclerocarya birrea, Sterculia setigera, Balanites aegyptiaca, Lannea velutinum.

Les alluvions core argileuses portent toujours ici la savane parc à Bombax, Sclerocarya birrea, Combretum micranthum.

Dans la région de Gaongo-Bissiri, les sols sur cuirasse et carapace sont essentiellement caractérisés par la savane arborée à Anogeissus ou secondairement par la savane arborescente et arbustive dense à Karité, Terminalia glaucescens, Gardenia sp. (aqualla).

Les sols à pseudogley de profondeur à concrétions portent une végétation typique secondaire : savane très arbustive et arborescente à Karité, Terminalia glaucescens, Gardenia sp. (aqualla), Pseudocedrela Kotschyi, Bauhinia sp., toutes ces espèces étant très abondantes à abondantes ; quelques arbres peuvent en émerger : Karité, quelques Isobertia doka.

Le long des marigots apparaît le Daniellia oliveri en savane arborée avec le Karité et des Terminalia arborescents.

c) Le Sud : Dans la région de PO, la prédominance de la savane arborée à Isobertia doka, et Isobertia Dalzielii sur les carapaces donne à cette zone un caractère soudano-guinéen.

Le Burkea africana forme aussi des savanes boisées en éléments presque purs.

Sur les cuirasses, Isobertia, Detarium microcarpum, Burkea

africana sont très abondants par deux ou par trois. Mais on peut trouver aussi la savane arborée à Pterocarpus erinaceus, Anogeissus leiocarpus, Isberlinia, Karité (région de PO).

Les sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse portent une savane arborée à base d' Isberlinia sp., Burkea africana, Karité, Detarium microcarpum, Terminalia glaucescens. Lorsque leur végétation est plus dégradée, c'est une savane typique très arbustive à arborescente, où Karité, Gardenia aqualla, Pteleopsis sberosa, Terminalia glaucescens se disputent la première place, ils sont accompagnés de Daniellia oliveri. Parfois, ce sont des peuplements arbustifs purs à Gardenia aqualla.

Le long des marigots, c'est le plus classiquement, la savane arborée, dense à Anogeissus leiocarpus, Pterocarpus erinaceus ou Daniellia oliveri.

2°/- VERTISOLS ET PARAVERTISOLS.-

La végétation de ces sols reste insensible ici aux variations de pluviométrie, du Nord au Sud elle est caractérisée par une savane arbustive à : Acacia seyal indiquant souvent la présence de nodules calcaires ; Acacia gourmensis, Bauhinia sp. (reticulata), Acacia senegal var Samoryana, Combretum glutinosum accompagnés de Sterculia setigera, Bombax costatum, Sclerocarya birrea, Balanites aegyptiaca, Lanea velutina.

Dans la strate herbacée, Andropogon gayanus, Loudetia togensis, Cymbopogon species sont les espèces les plus caractéristiques de ces sols, ils forment très souvent des peuplements denses.

Cependant, la savane anthropique à Karité peut s'installer sur les Vertisols et les Paravertisols.

Les Vertisols d'origine topographique occupant les fonds de vallées sont très souvent caractérisés dans la région de PO par une savane arbustive à Combretum sp. (ghallense) arborescents qui semble leur être spécifique dans cette région.

3°/ Les Sols Halomorphes

La végétation de ces sols se rapproche de celle des vertisols. C'est une savane arbustive, souvent et le plus typiquement maigre, où l'on retrouve : Combretum sp. (glutinosum), Acacia gourmensis, Lanea velutina, Acacia senegal, Balanites aegyptiaca; avec quelques arbres : Bombax costatum, Adansonia digitata, Sclerocarya birrea.

IV.- GEOLOGIE

A/- GEOLOGIE GENERALE

Les formations précambriennes qui constituent la quasi-totalité du territoire de Côte d'Ivoire continuent leur prédominance en HAUTE VOLTA où ils ne cèdent la place aux formations primaires que dans la région de BOBO-DIOULASSO.

On distingue dans ce précambrien 3 étages (21) :

- un précambrien inférieur, ou Dahomeyen, qui n'existerait pas en HAUTE VOLTA,
- un précambrien moyen : Atacorien et Birrimien,
- un précambrien supérieur, ou Tarkwaïen, qui n'intéresse pas notre zone de travail.

L'essentiel de nos formations appartient au Birrimien, et surtout, aux venues granitiques post-birrimiennes que Sagatzky désigne sous le nom de Granito-gneiss.

1°- Le Birrimien : Les sédiments anciens qui constituent le Birrimien ont été métamorphisés. Le sommet est caractérisé par un grand développement de roches épanchées (andésites, gabbros, dolérites, basaltes). Le Birrimien supérieur montre aussi une abondance sur des étendues importantes de roches schisteuses et siliceuses peu métamorphisées tandis que le Birrimien inférieur est surtout caractérisé par des micaschistes et paragneiss, des quartzites non manganésifères, des amphibolites et schistes amphibolitiques à tendance gneissique.

Les principales formations distinguées par DUCELLIER (13) et SAGAZTKY (41), sont :

a) Les schistes : schistes argileux (type le plus important et le plus répandu), schistes tuffacés, schistes quartzoferrugineux,

séricito-schistes, quartzséricitoschistes, schistes à séricite et chlorite, calc-chloritoschistes, micaschistes.

b) Les formations orthométamorphiques neutres :

diorites métamorphisées, diorites quartziques métamorphisées, microdiorites quartziques métamorphisées, métaandésites.

c) Les formations orthométamorphiques basiques :

gabbros, dolérites, schistes amphibolitiques à épidote, amphibolites, amphibolopyroxénclites, gneiss plagioclasiques grenatifères de SAGAZTKY et intercalations basiques dans le granitogneiss.

2°- Les granites de la Province birrimienne.- DUCELLIER(13)les

classés en granites syntectoniques assimilables aux granites "Baoulés" et en granites intrusifs post-tectoniques ou granites intrusifs discordants.

2-1, Les granites syntectoniques

Ils correspondent au granitogneiss de SAGAZTKY. Ce sont essentiellement des granites calco-alcalins dont on trouve toutes les variétés depuis le granite calco-alcalin type jusqu'à la granodiorite. Au voisinage des roches basiques, certains granites se chargent de plus en plus en amphiboles et s'appauvrissent en biotite. Dans la zone de contact, le faciès de transition revêt l'aspect d'une granodiorite ou d'une diorite (d'). La tendance générale est monzonitique (orthose = plagioclases).

a) Granite calco-alcalin à biotite et muscovite :

Les deux micas se présentent généralement ensemble mais la muscovite peut devenir dominante. Les feldspaths sont le microcline et un plagioclase (albite ou plus souvent oligoclase acide). Le microcline est souvent prédominant sur le plagioclase.

Ils constituent ici le terme le plus acide.

b) Granite calcoalcalin à biotite ou à biotite et amphiboles.

Il semble être un faciès local des granites précédents, caractérisé par le microcline généralement en gros cristaux, il est le plus souvent à biotite et plus rarement à biotite et amphiboles.

2-2, Les granites post-tectoniques ou granites intrusifs discordants :

Ils sont loin d'avoir l'importance des granites syntectoniques.

a) Les granites alcalins :

Ils contiennent du quartz en quantité appréciable de l'albite et du microcline. La teneur du plagioclase en anorthite est faible ou nulle. Il se présente deux cas :

- granites hypoalumineux : la quantité d'alumine est insuffisante pour former l'anorthite, la chaux de la roche s'exprime alors sous forme de hornblende ou d'augite aegyrinique.

- granites hypocalciques : cas le moins fréquent où l'excès d'aluminium se manifeste par la présence de muscovite.

b) Les granites calco-alcalins :

On distingue les mêmes subdivisions que pour les granites syntectoniques.

c) Syénites alcalines :

Roches grenues dépourvues de quartz ou pauvres en quartz. Les constituants principaux sont ici le microcline et l'albite. Le pyroxène est de l'aegyrine ou de l'augite aegyrinique, parfois accompagnée de biotite.

La syénite alcaline de Ouin (Petite Suisse) renferme aegyrine, augite biotite et fluorine. Elle est un peu quartzifère.

B/- PRINCIPALES FORMATIONS DES BASSINS VERSANTS.-

1°- VOLTA BLANCHE, Zones cartographiées.

1-1, Du parallèle 13° N au parallèle 12°22 N (parallèle de OUAGADOUGOU :

- schistes argileux, schistes tuffacés, quartzophyllades ferrugineuses.
- granite calcoalcalin à biotite et amphiboles.
- séricitoschistes, chloritoschistes.
- granite calcoalcalin à biotite et porphyroïde à biotite
- granite calcoalcalin à biotite et amphiboles avec noyaux d'amphibolopyroxenolite.
- schistes amphibolitiques, épidotes.

1-2, Du parallèle 12°22 N au parallèle 12° N :

- granite calcoalcalin à biotite et porphyroïde à biotite.
- séricitoschistes chloritoschistes avec des schistes amphibolitiques et des filons de quartz.
- syénites alcalines de Ouin.

1-3, Du parallèle 12° N à la limite Sud :

- granite calco-alcalin. à biotite,
- granites calcoalcalins à amphiboles,
- plages birrimiennes Sud-Ouest-Nord-Est essentiellement cartographiées en schistes argileux et phyllades,
- plages de granites intrusifs indifférenciés,
- affleurements isolés d'orthoamphiboles.

2°- VOLTA ROUGE

2-1, A l'Ouest du parallèle 1°00W

- essentiellement granite calcoalcalin à biotite ou à musco-

vite dominante ou à deux micas, granites calcoalcalins porphyroïdes à biotite ou à biotite et amphiboles.

- plages de granites calcoalcalins intrusifs non différenciés dont le plus important affleurement est constitué par le Pic de Naouri.
- Plages birrimiennes orientées Sud-Ouest-Nord-Est, essentiellement cartographiées en schistes argileux et phyllades avec quelques affleurements d'orthosamphiboles et en micaschistes à staurotide.

2-2, A l'Est du parallèle 1°00W

- Les granites calcoalcalins précédents qui cèdent la place à l'Est aux granites calcoalcalins à amphibole dominante.
- Une plage birrimienne aux environs de Guenon avec : des schistes argileux et phyllades, des micaschistes à staurotide, des gabbros basaltiques et des pointements isolés d'orthoamphiboles. Ce birrimien se développe à nouveau à la frontière sur la rive gauche.

C/- ALTERATION DES ROCHES ET SES CONSEQUENCES.-

Les bassins versants des VOLTAS ROUGE et BLANCHE, soumis à un climat tropical semi-humide, sont le siège de deux types d'altérations :

1°) L'altération normale, de type ferrugineux tropical qui aboutit à la transformation totale de minéraux en kaolinite avec lessivage des bases, individualisation et lessivage des hydroxydes de fer et de manganèse. Mais à l'inverse de l'altération ferrallitique qui caractérise elle, les régions tropicales humides, il n'y a pas individualisation de l'alumine, cette dernière reste liée à la silice sous forme de kaolinite essentiellement.

La kaolinite est un minéral caractéristique d'un environnement relativement acide, sa génèse requiert un apport d'ions H⁺ et l'élimination des cations divalents et du fer (7). Aussi cette altération ne se produit ici que sur les roches acides, particulièrement sur les granites calcoalcalins à biotite, à biotite et muscovite. Le

matériau originel sablo-argileux à argilo-sableux faiblement acide est celui qui supporte les sols à pseudogley à concrétions. Lorsque cette altération est profonde, une nappe hydrostatique s'installe dans le matériau kaolinisé. Elle devient le réservoir où viennent se déposer toutes les solutions de lessivage chargées des hydroxydes de manganèse et de fer. Soumises à des fluctuations brusques pendant la saison des pluies et à des fluctuations saisonnières dues à la saison sèche, ces nappes déterminent un phénomène de pseudogley à concrétions et cuirasse de nappe. Aussi, dans les régions où la nappe existe, il y a toujours une continuité dans le cuirassement, et dans les régions où elle n'existe pas, le cuirassement disparaît avec le démantèlement de la vieille surface cuirassée. C'est ainsi qu'une grande partie des superficies des feuilles de OUAGADUGOU et de PO, où la discontinuité dans le cuirassement est brutale, les restes de cuirasses anciennes reposant sur des altérations de granite à taches sans évolution actuelle vers le cuirassement ou même sur le granite franc ou peu altéré est totalement dépourvue de nappe hydrostatique.

2°- L'altération "intrazonale", de type montmorillonitique.

La montmorillonite caractérise les produits d'altération des roches ignées contenant du magnésium et qui s'altèrent dans des conditions de drainage telles que les cations restent dans la zone d'altération après destruction des minéraux de la roche-mère (7). Son milieu de formation exige un pH élevé et la présence de nombreux cations dont le magnésium : eaux basiques, chargées de sels dissous.

Cette altération caractérise ici les roches basiques (amphibolites, schistes amphibolitiques, amphibolopyroxénolites, gabbro) et certaines roches acides, principalement les granites calcoalcalins à amphiboles dominantes, plus riches en plagioclases donc plus altérables et plus capables de donner des solutions basiques. Lorsque les feldspaths sodiques sont dominants, le maintien des cations dans la zone d'altération contribue à donner des argiles montmorillonitiques à complexe absorbant riche en Na échangeable, le rapport du Na à la capacité d'échange pouvant atteindre 30 %.

Cette altération a pu se produire sous la cuirasse ancienne avant la disparition de celle-ci. En effet, comme nous le verrons dans la géomorphologie, le cuirassement a été général et les sols actuels se développent sur les altérations sous-jacentes à la cuirasse ancienne, ou sur les altérations qui se sont produites après la disparition de cette cuirasse avec l'affleurement du socle granitique.

Dans tous les cas, cette altération est actuellement en cours puisque les produits d'altération de granite prélevés en-dessous des sols montmorillonitiques donc actuels sont de type montmorillonitique. L'analyse aux rayons X de deux échantillons d'altération a donné les résultats suivants :

- ECHANTILLON VN 703 : Horizon d'altération de granite, à taches feldspathiques blanchâtres, taches rouille d'altération des micas.

Montmorillonite	80 %
Kaolinite	20 %
Illite	Traces.

- ECHANTILLON VL 63 : Horizon blanchâtre d'altération du granite amphibolopyroxénite, où on reconnaît encore l'orientation du granite.

Montmorillonite	90 %
Kaolinite	10 %

La fraction argileuse de cette altération est même plus riche en montmorillonite que celle des horizons qui le surmontent puisqu'on note seulement 80 % de Montmorillonite dans le prélèvement VL 62.

Dans le profil VN N° 7 qui est un vertisol typique sur altération de schistes, on voit bien dans l'horizon d'altération que les solutions basiques ne s'éliminent pas. Dans cet horizon gris brun clair, les schistes décomposés ont gardé absolument intacte leur schistosité, ils sont riches en nodules et concrétions calcaires cassables en voie de formation, en dépôt d'efflorescences blanches poudreuses entre les feuilletts, par endroits, les nodules et concrétions calcaires sont très nombreux, truffant l'ensemble de taches blanchâtres de toutes tailles, l'altération est alors plus poussée, la schistosité disparaît, il reste une argile très probablement de type montmorillonitique à structure polyédrique moyenne à grossière, ou moyenne à petite bien développée.

De très nombreuses argiles de type montmorillonitique sont riches en nodules, en concrétions ou en amas calcaires. Cette association très fréquente : carbonate de calcium-montmorillonite, rappelle beaucoup les conclusions de G. PEDRO (37) sur l'altération de roches

en présence de CO_2 : il y a formation, contrairement à ce que l'on peut croire, d'un milieu d'accumulation basique caractérisé par la paragenèse "carbonate-montmorillonite". Rappelons que cette expérience a été réalisée sur une roche acide, un granite à biotite et sur une roche basique, un basalte à Olivine.

Au point de vue hydrologique, une des conséquences principales de l'altération de type montmorillonitique est ici l'absence de nappe hydrostatique découlant :

- de l'imperméabilité totale des argiles montmorillonitiques.
- de l'altération peu profonde, rarement supérieure à 1,80 m, sous laquelle on trouve la roche peu altérée.

Les régions verticales seront ici des régions sans nappes hydrostatiques, l'existence des nappes d'eau sera liée à des variations accidentelles, de faciès dans la composition des granites en profondeur pouvant donner naissance à des faciès pegmatitiques emmagasinant l'eau.

V.- GEOMORPHOLOGIE

Cette étude est une reprise et une mise au point de celle que nous avons présentée dans le premier rapport.

La zone que nous avons à cartographier est constituée essentiellement de granito-gneiss et de schistes argileux. C'est une vaste plaine, le plus souvent monotonement plate, avec des pentes de l'ordre de 1 à 2 ‰, aboutissant à des talwegs dont les remblais, qui ont essayé de niveller la plaine, sont actuellement repris par l'érosion. Cette dernière y creuse des ravins plus ou moins importants sur lesquels, pour employer une expression bien évocatrice de J. DRESCH (2), "on débouche brutalement sans les prévoir".

Dans la région de Zabré-Ziou, la plaine plus ondulée est constituée de larges croupes étalées à sommet aplati, et à longue pente douce de l'ordre de 3 ‰ environ (zone des sols sableux gravillonnaires en profondeur sur granite peu ou pas altéré, classés en sols à pseudogley de profondeur sur graviers et cailloux à recouvrements divers). Les zones verticales se distinguent cependant dans cette région par un relief généralement très aplani avec une intense dissection par un chevelu hydrographique qui témoignent de l'imperméabilité et de la grande tendreté du matériau de ces sols. Il semble cependant ici, étant données la pluviométrie et la nature acide à intermédiaire du socle géologique (granito-gneiss à amphiboles dominantes d'après J. SAGATZKY), que le relief a déterminé les sols.

Les zones cuirassées apparaissent elles aussi généralement très planes et mal drainées, mais le plus souvent, le réseau hydrographique y est plus lâche, et les ruisselets, quant ils existent, ne s'incrustent pas comme dans les argiles verticales. Cependant, il est parfois difficile de faire la différenciation sans profils.

Les reliefs qui rompent la monotonie de cette plaine sont :

- les buttes cuirassées tabulaires réparties dans l'ensemble de la zone, mais beaucoup plus nombreuses sur les schistes de l'extrême Nord du Bassin Versant Volta Blanche,

- les masses granitiques constituées souvent par les granites intrusifs (régions de Pô-Tiébélé-Kampala, Lenga, Boussouma, Zourma, région située entre Kiyari et Zoungoun); elles culminent au Pic de Naouri à 600 m environ.
- les collines granitiques isolées : dôme de Tiaré,
- les pointements schisto-basiques : régions de Guenon, et surtout de Bousouma (limite N-E de la zone cartographiée sur la Volta Blanche)

Du point de vue de l'évolution géomorphologique, nous distinguerons avec H. BRAMMER (8) :

1.- La surface ancienne dont l'altitude se situerait autour de 600 m et que H. BRAMMER assimile à la surface du début tertiaire ou "African surface" de KING. Les niveaux cuirassés qui se rattachent à cette surface seraient invariablement bauxitiques au Ghana. S. DAVEAU, M. LAMOTTE et G. ROUGERIE (27) trouvent aussi ces niveaux bauxitiques en Haute Volta sur le Mont Koyo (590 m) et les hauts reliefs de Pilimpicou (549 m).

Je n'ai pas eu le temps d'observer ces niveaux cuirassés, et cela à cause des contre-temps perpétuels d'une prospection difficile, mais il semble qu'il faille y rattacher la haute colline des environs de Birgui (519 m). L'examen des photos aériennes de cette région montre de façon très nette l'emboîtement des glacis successifs. Les hautes collines sont cernées par des buttes cuirassées et portent encore parfois une cuirasse sommitale. Ces buttes cuirassées semblent se répartir en deux surfaces distinctes se maintenant autour de 360 m pour la première, et 320 m pour la deuxième. L'ensemble des bassins versants constitue une 4ème surface qui se maintient vers 320-280 m.

Le niveau de 360 m correspondrait au haut glacis ou haute terrasse, le niveau de 320 m au moyen glacis ou moyenne terrasse, la 4ème surface correspondrait au bas glacis ou basse terrasse, dans la terminologie de P. MICHEL. C'est dans le moyen glacis que la 4ème surface a été entaillée. Elle inclut à de nombreux endroits des galets de la Volta qui sont incrustés dans des carapaces de lessivage oblique du type subactuel. A Niaogo, ces galets ont un développement considérable et forment de véritables nappes de quelques mètres avec des cailloux émoussés. Ces mots de J. VOGT (46) : "en de nombreux points, des pierres volantes de graviers cimentés, jonchant les versants ... per-

mettent seules de reconstituer l'extension de la basse terrasse ,évoquent singulièrement le site de Niago."

Le haut glacis et le moyen glacis correspondent à ce que BRAMMER a appelé le groupe de "surfaces intermédiaires" qui se maintiennent d'après lui à 229-305 m environ, et qui se maintiennent ici à 370-300 mètres environ - et dont la genèse est effectivement biphasée. Le bas glacis correspond à ce que BRAMMER appelle la surface actuelle.

Mais il semble exister entre la surface ancienne et les "surfaces intermédiaires" quaternaires une surface qui se situerait autour de 480 m. Peut-être pourrait-on l'assimiler au "relief intermédiaire" de P. MICHEL. En effet, sur les photos 25 - 26, le pointement cuirassé de 519 m domine une longue muraille de près de 1,5 Km de long et qui se maintient à 479 m d'altitude. On retrouve un niveau résiduel identique à cette muraille à 482 m d'altitude au N-0 et à environ 1,5 Km de la muraille.

Nous ne nous étendrons pas sur l'existence de ce niveau qui dépasse le cadre de notre travail, nous voulons simplement signaler qu'il n'y a pas ici discontinuité brutale, comme l'a signalé H. BRAMMER entre le niveau ancien et les niveaux quaternaires : "c'est une dénivellation d'environ 300 m qu'il y a entre la haute surface et le groupe suivant de surfaces".

2.- Le groupe de "surfaces intermédiaires" de H. BRAMMER qui correspondrait, comme nous l'avons vu au Haut Glacis et au Moyen glacis de P. MICHEL, et dont l'altitude se situerait autour de 360 m pour le haut glacis, et autour de 320 m pour le moyen glacis. Elles sont les témoins d'un immense cuirassement type de nappe qui n'a pas été l'apanage d'affleurements particuliers (basiques en l'occurrence), mais qui s'est étendu indistinctement à tout le Bassin Versant. Si, en effet, dans les régions birrimiennes, la disposition des buttes cuirassées montre que leur formation a été favorisée par le fer libéré des reliefs birrimiens supérieurs, l'ampleur du cuirassement dépasse par ailleurs le cadre des zones birrimiennes.

La dernière surface d'érosion (bas glacis) qui couvre l'essentiel des Bassins Versants a été entaillée dans ces niveaux cuirassés. Dans la zone granitogneissique à biotite ou à biotite et muscovite, on retrouve partout sur cette surface les témoins du cuirasse-

ment ancien sous forme de cuirasse massive, de blocs épars, d'altérations ferruginisées de granite, autrefois sous-jacentes à la cuirasse ancienne, de restes de cuirasse posés à même le granite franc, de blocs de granite encore imprégnés de fer sur leurs écailles ou sur leurs couches superficielles autrefois en contact avec la cuirasse ancienne.

Dans les zones granito-gneissiques à amphiboles où le cuirassement est parfois réduit à quelques rares collines tabulaires, la grande fréquence des recouvrements gravillonnaires sur les argiles vertiques témoigne de l'extension générale du cuirassement ancien dans ces zones. Les recouvrements gravillonnaires sont plus rares dans la zone à altération kaolinitique en dehors des recouvrements gravillonnaires sur cuirasse. En effet, la mobilisation du fer très intense dans la zone kaolinitique semble provoquer une disparition rapide des gravillons, en cours de transport, tandis qu'en milieu montmorillonitique à pH neutre à basique, cette mobilisation est beaucoup moins intense et semble même ne pas exister.

Les cuirasses du moyen glaciaire sont ferrugineuses formées en milieu ferrugineux tropical et non en milieu ferrallitique. Elles reposent très souvent sur le granite franc qui est seulement imprégné superficiellement par les solutions ferrugineuses, ou sur des altérations de granite imprégnées de fer contenant de nombreux cristaux de feldspath peu altérés, et dans les faciès pegmatitiques des empilements de grandes paillettes de mica blanc non altérés. Les profils de collines tabulaires montrent souvent en dessous de la cuirasse des horizons rouges d'aspect ferrallitique. La colline tabulaire du Km 10 sur la route de Nobéré à Pô en est un exemple typique. Le profil développé sur plusieurs mètres comprend de la base au sommet :

- des affleurements de schistes amphibolotiques holomélanocrates non altérés,
- un horizon rouge d'aspect très léger : altération en place d'une roche paraissant différente de la précédente (VR 15),
- un horizon rouge à taches blanchâtres, à structure polyédrique moyenne à grossière à tendance prismatique assez bien développée (VR 11)
- un horizon rouge à taches blanchâtres identique au précédent, mais contenant de nombreux gravillons ferrugineux. Il semble être un remaniement sur très faible distance du précédent,
- un horizon ocre à taches blanchâtres incluant de nombreux gravillons ferrugineux et induré par endroits en une carapace constituée de gros nodules ferrugineux. Cet horizon à quelques 2 m d'épaisseur.

environ. C'est le résultat de l'induration de l'horizon précédent (VR 13 et 12),

- une cuirasse ferrugineuse et manganifère massive à induration forte, constituée de taches brun-rouge à rouge, ocre-jaune et noires (VR 14). Les pores tubulaires sont souvent gainés d'un cortex brun-rouge foncé qui rappelle beaucoup la patine des gravillons ferrugineux. Elle semble contenir quelques gravillons ferrugineux et se raccorde à la surface actuelle par une cuirasse ferrugineuse d'aspect feuilleté (VR 16). Elle se disloque par blocs très nettement prismatiques.

Nous sommes en présence d'une cuirasse de nappe formée sur des produits d'apports provenant du démantèlement d'une surface cuirassée plus ancienne disparue (haut glacis). La discontinuité entre les apports et les horizons d'altération est marquée par une stone line très fidèle de cailloux de quartz. Les horizons d'altération ont un aspect ferrallitique.

La cuirasse massive n'a pas été analysée, mais tous les autres échantillons exceptés la cuirasse feuilletée présente un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ supérieur à 2, variant de 2.35 pour le VR 15 à 2.03 pour le VR 13. La cuirasse feuilletée a un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 1.96, c'est-à-dire presque égal à 2. La cuirasse et les altérations sous-jacentes sont donc de type non ferrallitique. L'analyse thermique différentielle révèle dans tous les échantillons la présence de kaolinite, de goéthite plus abondante dans la cuirasse et dans la carapace, de traces d'hématite, de traces d'illite ou plus précisément d'hydrobiotite. A en juger par la nature des produits de remaniement sur lesquels s'est développée la cuirasse, il existait avant elle une surface cuirassée plus ancienne (Haut glacis), qui est elle même du type non ferrallitique (rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ supérieur ou égal à 2 et absence d'oxydes et hydroxydes d'Alumine dans les produits dérivés).

La genèse de ces surfaces est donc relativement récente et s'est produite sous un climat de type soudanien assez identique au climat actuel. C'est du reste ce qui ressort des études de P. MICHEL (34).

3.- La surface appelée "actuelle" par H. BRAMMER et qui correspond probablement au Bas-glacis de P. MICHEL (35)
Elle occupe la majeure partie des Bassins Versants. Façonnée dans les niveaux cuirassés de la surface précédente, son substratum est très varié et est constitué comme nous l'avons vu plus haut :

a) de restes de cuirasse anciennes très répandus dans la VOLTA ROUGE, surtout à l'Ouest de la route OUAGADOUGOU-NOBERE-PÔ et dans la VOLTA BLANCHE, surtout au Nord de la piste GAONGO-VOLTA. Ils reposent très souvent à même le granite franc, si bien que les zones lithosoliques sont très souvent constituées d'affleurements de cuirasses et de granite, et même dans les zones essentiellement granitiques, on retrouve presque toujours des placages de restes de cuirasses. Ils sont souvent constitués d'altérations de granite contenant encore de nombreux cristaux de feldspaths, le prélèvement VRK 454 du profil VRK 45 qui appartient à ce type de cuirasse montre bien par sa richesse en bases totales : 10 méq de calcium, 25 méq de magnésium, 4,2 méq de potassium, et 13 méq de sodium, que nous avons à faire à une arène granitique ferruginisée et fortement indurée ici.

b) d'altérations kaolinitiques de granite ferruginisées soit par libération de fer in situ, soit par enrichissement à partir de la cuirasse ancienne. Ces altérations évoluent soit sous l'action de l'hydromorphie, soit vers une sorte de carapace (faible induration), par durcissement. Dans les pegmatites, c'est un produit caillouteux à peine évolué avec ses gros cristaux de feldspaths très peu altérés et de quartz, et ses gros empilements de grandes lamelles de mica blanc non altéré.

Lorsque la présence d'une nappe le permet, il y a dans ces altérations continuité entre le cuirassement ancien et le cuirassement subactuel et actuel. Mais la tendance actuelle dans nos bassins versants, et particulièrement dans celui de la VOLTA ROUGE, est l'absence de nappe hydrostatique entraînant une disparition du cuirassement sensu stricto.

c) de cuirasses et carapacessubactuelles formées par lessivage oblique à partir des cuirasses anciennes, et incluant à certains endroits, au voisinage de la VOLTA, des galets de quartz. La plaine qui porte le village de NIAGO (Infirmerie) est essentiellement constituée de galets et c'est le seul endroit où ils prennent une aussi grande importance.

d) d'altérations montmorillonitiques de granitogneiss ou de schistes dans les zones à amphiboles ou à amphiboles et pyroxènes. Ces altérations sont soit subactuelles et actuelles, c'est-à-dire développées après la mise à affleurement des roches-mères, soit anciennes, c'est-à-dire déjà sous-jacentes à la cuirasse ancienne. On peut, en effet, observer à certains endroits des altérations montmorillonitiques sous

la cuirasse ancienne. Par ailleurs, nous avons vu que ce niveau cuirassé s'était développé en zone ferrugineuse tropicale, il est donc normal que l'altération soit la même qu'actuellement.

e) de granito-gneiss peu ou pas altéré.

En fait, le bas-glacis, comme le signale J. VOGT (46) et H. BRAMMER, a été lui-même intensément disséqué par ce que J. VOGT appelle la dernière étape de l'évolution morphologique "caractérisé" par une intense dissection s'attaquant à tous les éléments du relief : les ravins grignotent les hauts glacis, les vallons détruits sont les bas-glacis fragiles que ne protège pas une carapace continue et épaisse, ainsi que les basses terrasses", et ce sont les produits de son démantèlement que nous avons énumérés ci-dessus. Ici, le cycle d'érosion qui a installé le bas-glacis a été plus énergique en ce qui concerne l'ablation de la cuirasse du moyen glacis dans les zones à altération montmorillonitique, probablement parce que la cuirasse y était moins épaisse, mais surtout, probablement parce que l'érosion est beaucoup plus rapide dans les argiles montmorillonitiques que dans les altérations kaoliniques ferruginisées. L'évolution propre du bas-glacis est difficile à préciser à cause de la dissection qu'elle a subie, mais il semble bien, comme l'a affirmé P. MICHEL (34) que le cuirassement n'y ait pas été intense et ait surtout consisté en l'installation de carapaces sporadiques. Ce sont ici des carapaces de lessivage oblique incluant parfois des galets comme celle du profil VRZ 53, page 47, ou comme celle qui recouvre la cuirasse ancienne dans le profil VRG 28 (page 41).

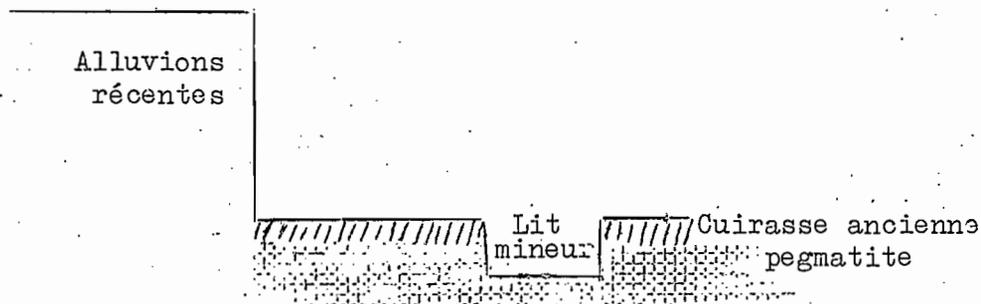
On doit aussi rattacher les carapaces gravillonnaires comme celles du profil V 2 ou comme celles qui recouvrent certaines cuirasses anciennes en profondeur, profil V 57 (page 347), profil V 58 (page 349), ainsi que certains restes de cuirasse détritiques plaqués sur les granites. Les cuirasses massives à induration forte ainsi que leurs altérations sous-jacentes appartiennent au moyen-glacis et comme nous l'avons vu, l'importance et l'extension de ces restes de cuirasse ancienne, disproportionnées avec le cuirassement du bas-glacis, témoignent de l'extension du cuirassement du moyen-glacis.

La dernière étape de dissection, qui a en somme continué l'oeuvre du dernier cycle d'érosion, semble s'être arrêtée brutalement pour faire place à une phase d'apport. Les entailles, ainsi que la surface d'érosion, se colmatent, il y a un nivellement quasi-parfait de la plaine à certains endroits. La discontinuité entre ces

apports et le substratum du bas-glacis est très souvent marquée par des lignes ou des lits de cailloux de quartz et de gravillons ferrugineux. Les cuirasses anciennes mises à affleurements incluent presque toujours à leur surface de très nombreux cailloux de quartz qui disparaissent dans le reste de la cuirasse. On peut voir très souvent de gros blocs de cuirasse envoyés dans les apports récents avec lesquels ils n'ont aucun lien pédogénétique actuel.

Ces apports ont eu lieu en 2 ou plusieurs phases dont les premières sont gravillonnaires ou (et) argilo-cableuses en zone à altération kaolinitique, gravillonnaires ou (et) argileuses en zone à altération montmorillonitique, et les dernières sableuses ou (et) gravillonnaires.

Dans la première esquisse géomorphologique (28), nous avons émis l'hypothèse selon laquelle ces apports seraient contemporains des alluvions récentes limono-sableuses à sablo-limoneuses. Ces derniers reposent par endroits sur le même substratum que les apports de la pénéplaine, à savoir la cuirasse ancienne reposant sur les granites. Ce phénomène a été observé sur la Volta Rouge à l'aboutissement de la piste boussole 20°, de Pomkoyan à la Volta Rouge et de la piste piéton Nobéré-Kalinga Volta-Rouge (au dire des chasseurs rencontrés là): la Volta a entaillé ses alluvions jusqu'au niveau cuirassé; l'entaille se poursuit mais plus retrecie dans le niveau cuirassé où a été creusé le lit mineur:



En fait, le phénomène est plus complexe. Les 2 phases distinctes des apports de la pénéplaine appartiennent à 2 périodes de sédimentation distinctes.

- a) - La première phase argilo-sableuse ou argilo-sableuse plus ou moins gravillonnaire est peu triée, caractérisée par une courbe cumulative, plus étalée, le squelette sableux est moins bien trié plus pauvre en sables très fins. C'est la phase contemporaine ou plutôt concomittente des dépôts alluviaux ou colluvio - alluviaux du 2ème type.
- b) - La deuxième phase sableuse à sablo-argileuse, parfois sablo-limoneuse, est moins riche en sables grossiers, mais beaucoup plus riche en sables très fins. Elle est mieux triée tant en ce qui concerne le squelette sableux que le sédiment entier.

Ces 2 phases se retrouvent dans les apports colluviaux de bas de pente (cf profil VL 15 et VRN 26) et dans les bourrelets colluvio-alluviaux type profil V 79, où la différenciation entre elles est très prononcée du fait d'un triage plus accentué de la phase récente sableuse.

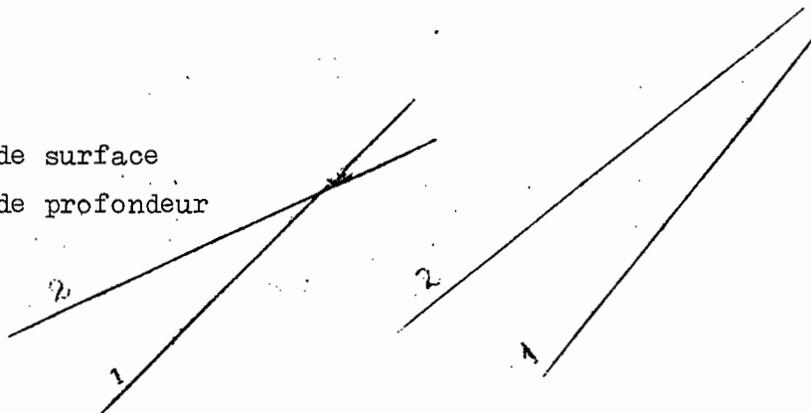
L'examen des courbes cumulatives (fraction sableuse seule en log probabilité et sédiment entier pour quelques profils en courbes cumulative normales) est très significative.

L'augmentation du taux d'argile en profondeur ne se traduit pas par une diminution correlative de la fréquence cumulée des sables compris entre 2 mm et 50 μ - diminution qui devrait se repercuter dans le cas d'un enrichissement en argile par lessivage à partir des horizons superficiels sur chaque fraction proportionnellement à sa fréquence cumulée.

Les fréquences cumulées des fractions sableuses comprises entre 2 mm et 50 μ restent plus élevées en profondeur qu'en surface.

En profondeur, les pentes des courbes cumulatives (sédiment entier) diminuent brusquement à partir de 50 μ traduisant une forte diminution de la fréquence des sables très fins (50 μ à 20 μ). Parfois comme dans l'échantillon VRN 265, cette diminution s'observe nettement à partir de 300 μ . En surface au contraire, la pente de la courbe cumulative se redresse de plus en plus à mesure qu'on va vers les fractions fines de sables, le redressement maximum est acquis pour les fractions sableuses très fines (80 μ à 20 μ). Ce processus traduit une augmentation de la fréquence des sables à mesure qu'on va vers les fractions fines. Il apparaît de façon quasi régulière sur les courbes cumulatives des seules fractions sableuses (en échelle de probabilité). On constate sur ces courbes, pour les horizons superficiels, un redressement constant de la pente des courbes cumulatives à partir des diamètres 630 μ ou 500 μ ; tandis que, pour les horizons profonds on constate au contraire à partir de ces mêmes diamètres, un fléchissement plus ou moins accentué de la pente des courbes cumulatives. Les 2 figures ci-dessus schématisent les positions des courbes cumulatives à partir des diamètres 630 μ à 500 μ .

1. Horizons de surface
2. Horizons de profondeur



Au contraire, en ce qui concerne les fractions grossières des sables, il y a un fléchissement de la pente des courbes cumulatives pour les horizons superficiels à partir le plus souvent des diamètres 125 mm à 160 mm ($\alpha = -1$ à -2) - Ce phénomène correspond à une élimination de ces fractions des horizons superficiels. Le plus souvent il y a un certain parallélisme des courbes dans les portions comprises entre les diamètres 125 - 160 mm et 630 - 500 μ ce qui signifie un maintien de la fréquence des sables compris entre ces diamètres.

L'examen des graphiques rectangulaires inspirés de DOEGLAS (11) qui permettent d'étudier l'évolution des rapports entre les différentes fractions de sables à travers un même profil, apporte des conclusions assez identiques :

- diminution de la fréquence des éléments grossiers (α plus grand que 250 μ) dans les horizons superficiels.
- augmentation de la fréquence des éléments fins (α plus petit que 250 μ) mais cette augmentation ne se fait pas sentir de la même façon dans les différents profils. Dans certains profils comme le VRN 26 et le VL 15 (apports de bas de pente) on constate très nettement que l'augmentation de la fréquence des sables fins en surface se fait en conservant un rapport constant entre les pourcentages d'un même diamètre de la surface en profondeur : les points figuratifs d'un même diamètre sont alignés sur une droite et toutes ces droites sont concourantes à l'origine O; tandis qu'on constate en même temps en surface, une véritable élimination des sables grossiers (supérieurs au diamètre de référence ici 250 μ).

On constate ce même processus dans de nombreux profils (VRB 20, VRB 27, VRK 43, VRK 32), mais jusqu'à une certaine profondeur seulement, c'est-à-dire semble-t-il jusqu'aux arènes granitiques profondes qui paraissent former des familles de matériaux différentes.

Dans ces phénomènes d'apports, tout se passe donc comme si, en surface un triage par le ruissellement le long d'une pente faible aurait éliminé l'argile (emportée dans les thalwegs) et les sables grossiers (restés en haut de pente) au profit des sables fins et très fins.

Signalons cependant que ce transport n'a pas été suffisamment long pour avoir une influence sur la morphologie des grains de sables, les distances de transport ont été relativement courtes à l'égard des distances nécessaires pour amorcer l'usure des sables.

Il s'agirait donc très probablement en ce qui concerne les 2 phases des apports de la pénélaine, de 2 phases d'un même cycle de sédimentation correspondant à deux périodes morpho-climatiques différentes dont la dernière marque la fin du cycle de sédimentation.

Le système alluvial comprend :

a/ - une plaine de remblaiement correspondant au colmatage récent d'un large chenal. Cette plaine est limoneuse à limono-sableuse (souvent polyphasée sableuse en profondeur, limoneuse à limono-sableuse en surface) dans la partie aval (feuille de Tenkodogo). Elle est argileuse dans la partie amont (feuille de Ouagadougou). Dans cette plaine serpente le lit actuel des Voltas avec des bras morts. Ce lit, pratiquement peu ou pas encaissé dans la partie amont, devient fortement encaissé dans la partie aval (encaissement souvent de 4 mètres et plus).

Il s'agit d'un encaissement récent à allure rapide se traduisant par une symétrie des versants malgré la fragilité du matériaux limoneux à sableux.

Si on considère les dépôts alluviaux de certains petits affluents dans la feuille de Tenkodogo (cf profils VN 3, VN 6 et VY 75) on retrouve à la base des apports argileux superficiels des apports sablo-argileux contenant des produits grossiers nombreux : gravillons ferrugineux, graviers de quartz de feldspaths, cailloux de quartz et feldspaths, ces dernierstendant à former une stone line à la base.

Ces apports reposent sur le granite peu altéré dans le cas du VN3 et sur une altération argileuse du granite dans le cas du VY 76. Ils sont constitués dans le cas du VN3 de sables feldspathiques et quartzeux et proviennent d'une attaque du socle granitique. Ils semblent devoir être contemporains du remblai sableux à limoneux qui, par sa proportion importante de minéraux peu altérés (paillettes de mica souvent bien visibles), se traduisant par une proportion relativement élevée des bases totales proviennent aussi probablement d'une attaque du socle granitique. Du reste, des régions comme celle de Niaogo étant constituées surtout d'argiles vertiques il faut admettre que le remblai limoneux à sablo provient de l'entaille du socle par les petits affluents. La proportion des bases totales est de l'ordre de 34 à 48 méq pour 100 g de sol dans le profil VY 5, 19 à 28 méq pour le VN 3, elle atteint 92 méq dans le prélèvement VN 263 (sables fluviatiles constituant le 3ème horizon du profil VN 26).

Le colmatage argileux semble devoir être légèrement postérieur au remblai limoneux à sableux : ainsi par exemple dans les profils VN 3 et VN 6, des apports argileux récents recouvrent les sables feldspathiques et quartzeux. Par ailleurs, cette hypothèse concorde bien avec la nature du remblai: argileux à l'amont, limoneux à sableux à l'aval.

b/ - des lambeaux de plaine alluviale ou colluvio-alluviale argilo-sableuse, argileuse ou sablo-argileuse localisés dans les concavités des Voltas, alors que dans la partie convexe, c'est la pénélaine qui borde les Voltas, soit directement, soit par des dépôts colluviaux de bas de pente (type profil VL 15 page 320) contemporains de ces lambeaux de plaine alluviale et aussi du colmatage de la pénélaine.

En ce qui concerne l'importance du système alluvionnaire, la largeur du remblai, limitée à celle de l'ancien chenal est le plus souvent de l'ordre de 300 à 500 m . Elle peut se réduire par endroit à la largeur du lit actuel de la Volta, mais elle peut aussi atteindre 700 à 800 m par endroits (A).

(A) - Nous avons donné 300 m de large dans notre première esquisse géomorphologique. Il faut considérer qu'il s'agit là de largeur de part et d'autre des Voltas.

DEUXIEME PARTIE



LES SOLS

CHAPITRE I.-

CLASSIFICATION.

CHAPITRE II.-

ETUDES MORPHOLOGIQUE ET
ANALYTIQUES DES DIFFERENTES
UNITES DE SOLS.

CHAPITRE I



CLASSIFICATION

La classification utilisée est celle qui a été présentée par AUBERT et DUCHAUFFOUR en 1956 et qui a été modifiée par G. AUBERT en 1958 puis 1962 (4). C'est une classification génétique où les caractères pris en considération traduisent les processus d'évolution du sol.

Les sols sont groupés en 10 classes d'après leurs caractères fondamentaux d'évolution, notamment le degré d'évolution se traduisant par une différenciation du profil de plus en plus marquée, et la nature physico-chimique de l'évolution : conditions d'altération, type d'humus, chimisme du complexe absorbant.

Les sous classes se différencient souvent par le facteur écologique de base qui conditionne l'évolution (climat, roche-mère, conditions de station influençant le régime hydrique).

Les groupes se différencient par une particularité du processus d'évolution : intensité d'altération, degré de lessivage.

Les sous-groupe se différencient par une intensité variable du processus d'évolution caractérisant le groupe, ou par la manifestation d'un processus secondaire se superposant au processus fondamental.

Signalons qu'en ce qui concerne les sols hydromorphes, nous n'avons pas voulu et nous ne pouvions souvent pas différencier les processus d'évolution anciens des processus actuels. Leur superposition fréquente fait qu'ils n'ont pas été dissociés parfois au niveau de la série. On trouvera donc dans les sols hydromorphes, des sols à hydromorphie non actuelle.

Nous n'avons pas voulu abuser des faciès dans une légende de carte déjà chargée, aussi certains caractères qui devraient apparaître au niveau du faciès n'apparaissent qu'au niveau de la série.

Les familles sont définies par la nature du matériau originel. La complexité des matériaux dans les zones prospectées (apports polyphasés presque de rigueur) rend ici la définition des familles peu précise dans certains cas. Elle est responsable aussi d'une certaine interférence entre certaines familles et elle est à l'origine des difficultés de classification qui font qu'on est obligé de considérer une des phases des matériaux à l'échelon le plus élevé de la classification : c'est ainsi que dans les sols à pseudogley à concrétions et taches sur arène granitique argilosableuse, nous avons considéré au niveau de la classe, l'évolution de l'arène granitique sous-jacente aux (sols hydromorphes)

apports récents peu évolués mal drainés dont l'évolution n'a pas été prise en considération.

Le principe est discutable, mais nous n'avons pas le choix et la solution est dans tous les cas imparfaite.

On retrouvera au long du rapport d'autres exemples de ces difficultés de classification. Il est certain qu'il sera toujours très difficile d'appliquer une classification de sols simples à des sols complexes.

Nous avons ébauché plusieurs modes de classification avant d'adopter l'actuelle pour des raisons de simplicité.

LES SERIES.-

La série sera basée ici sur les différenciations du processus indiqué au sous-groupe (il a alors rang de faciès en fait), et sur des différenciations de détails du profil qui ne peuvent pas atteindre ici, étant donnée la complexité des sols, la rigueur de la définition donnée par le groupe de travail de Moyenne Echelle de la carte de France : "les profils d'une série sont semblables non seulement par la succession, l'aspect et la constitution générale de leur divers horizons, mais aussi par l'ordre de grandeur de l'épaisseur de chacun de ces derniers".

La série correspond ici pratiquement à un groupement de séries et le terme sera du reste souvent au pluriel.

Les types et les phases sortent du cadre d'une étude au 1/200.000ème dans une zone si complexe.

Nous distinguerons 6 classes de sols :

- les sols minéraux bruts,
- les sols peu évolués,
- les vertisols et paravertisols,
- les sols à mull,
- les sols halomorphes.
- les sols hydromorphes.

C.1- Classe des sols minéraux bruts.

C.1.1- Sous-classe des Sols minéraux bruts non climatiques.

1. Groupe des sols bruts d'érosion ou squelettiques.

1.1. Sous-groupe des lithosols.

- a) Famille sur cuirasses ferrugineuses,
- b) Famille sur granitogneiss indifférencié,
- c) Famille sur schistes et quartzites,
- d) Famille sur matériaux indifférenciés.

C.2- Classe des sols peu évolués.

C.2.2- Sous-classe des sols peu évolués d'origine non climatique.

1. Groupe des sols peu évolués d'apport.

1.1. Sous-groupe des sols peu évolués bien drainés
faciès intergradevers les sols ferrugineux tropicaux.

- a) Famille sur alluvions sablées.

1.2. Sous-groupe des sols peu évolués hydromorphes.

- a) Famille sur cailloux pegmatitiques,
- b) Famille sur sables et granites,
- c) Famille sur graviers schisteux.

C.3- Classe des Vertisols et Paravertisols.

C.3.1- Sous-classe des Vertisols à pédoclimat très humide pendant de longues périodes.

1. Groupe des Vertisols Hydromorphes à structure fine en surface.

1.1. Sous-groupe des Vertisols moyennement structurés

- a) Famille sur argiles lourdes.

C.3.2- Sous-classe des Vertisols à pédoclimat temporairement humide.

1. Groupe des Vertisols lithomorphes à structure fine en surface.

1.1. Sous-groupe des vertisols moyennement structurés.

- a) Famille sur argiles lourdes.

C.4- Classe des sols à mull.

C.4.1. Sous-classe des sols à mull des pays tropicaux.

1. Groupe des sols bruns eutrophes.
 - 1.1. Sous-groupe des sols bruns eutrophes vertiques
 - a) Famille sur argile d'altération de schistes,
 - b) Famille sur argile d'altération de granites
 - 1.2. Sous-groupe des sols bruns eutrophes hydromorphes.
 - a) Famille sur matériaux argileux à argilo-sableux.

C.5- Classe des Sols Halomorphes.

C.5.1. Sous-classe des sols halomorphes à structure modifiée.

1. Groupe des sols non lessivés à alcalis
 - 1.1. Sous-groupe des sols à faible teneur en sels solubles.
 - a) Famille sur argile finement sableuse,
 - b) Famille sur matériau argilosableux.

C.6- Classe des sols hydromorphes.

C.6.1. Sous-classe des sols hydromorphes minéraux.

1. Groupe des sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble.
 - 1.1. Sous-groupe des sols à pseudogley à taches.
 - a) Familles sur alluvions limono-sableuses à argileuses
 - b) Famille sur argiles à recouvrement,
 - c) Famille sur matériaux argilosableux à recouvrements .
 - 1.2. Sous-groupe des sols à pseudogley à concrétions (et taches)
 - a) Famille sur arène granitique argilo-sableuse,
 - b) Famille sur arène granitique gravelleuse,
 - c) Famille sur argile verticale et gravillons ferrugineux,
 - d) Famille sur gravillons et cailloux.
2. Groupe des sols à hydromorphie de profondeur.
 - 2.1. Sous-groupe des sols à pseudogley à concrétions (et taches)
 - a) Famille sur arène granitique gravelleuse,
 - b) Famille sur gravillons à recouvrements divers,
 - c) Famille sur graviers et cailloux à recouvrements sableux,
 - d) Famille sur arène granitique argilo-sableuse à recouvrements,
 - e) Famille sur alluvions argilo-sableuses et sablo-argileuses,
 - f) Famille sur argiles à gravillons ferrugineux et recouvrements.
 - 2.2. Sous-groupe des sols à pseudogley à taches.
 - a) Famille sur argiles à recouvrements,
 - b) Famille sur alluvions diverses.

CHAPITRE II

ETUDES MORPHOLOGIQUES ET ANALYTIQUES
DES DIFFERENTES UNITES DE SOL.-

III - LES SOLS MINÉRAUX BRUTS.-

1°- LES LITHOSOLS

Ce sous-groupe comprend l'ensemble des affleurements de cuirasses, de carapaces et de roches granitogneissiques et schisteuses. Le mode de mise en place de la surface d'érosion actuelle - qui a été incapable d'enlever entièrement la cuirasse ancienne -, le mode de formation de cette cuirasse - qui repose souvent sur le granite franc. ou sur une altération peu profonde -, ont laissé une grande importance aux lithosols dans l'ensemble des bassins versants prospectés. Par ailleurs, lorsque la nappe a pu se maintenir, la continuité entre le cuirassement ancien et le cuirassement actuel a contribué aussi à l'extension des lithosols: elle donne parfois des étendues d'une platitude quasi-rigoureuse, légèrement déprimées seulement par quelques lignes de talwegs essayant de s'installer dans la cuirasse, véritable champ de pierres nu ou couvert de *Loudotia*.

La grande particularité des Bassins Versants prospectés est la superposition très fréquente des cuirasses aux granites, et une imbrication complexe et constante de ces lithosols avec les autres sols, obligeant toujours à faire des associations. Les lithosols ont donc une double importance au point de vue de la mise en valeur.

1.1.- Famille sur cuirasse ferrugineuse.

Cette famille comprend les cuirasses sensu stricto et les carapaces ferrugineuses. Il s'agit, comme nous l'avons déjà vu au chapitre de la Géomorphologie, de cuirasse ferrugineuse ancienne essentiellement, et aussi de cuirasse de nappe subactuelle et actuelle lorsque le maintien de la nappe a permis la continuité dans le cuirassement.

Les cuirasses anciennes, ou plutôt les restes de cuirasses anciennes, sont souvent des altérations de granites qui ont été ferruginisées et fortement indurées.

Quant aux carapaces ferrugineuses, nombreuses apparaissent très nettement comme des altérations de granite imprégnées de fer et de manganèse, elles font la transition avec les sols à pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions et taches sur arène granitique argilo-sableuse, dans les séries à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace :

Profil V.R.B. 22

Situation : Au Km 5.9 sur la piste boussole 66° de BAOUIGA, à la Volta Rouge (départ au Km 4.6 sur la piste de SULLA à BAOUIGA). Large zone plane.

Végétation : Savane arborescente à Detarium microcarpum, Burkea africana, Butyrospermum Parkii.

Description :

- 0 - 33 cm : Apport gravillonnaire gris humifère, devenant beige gris et moins humifère en profondeur, cohésion d'ensemble faible, très bonne porosité, plus profond par endroits.
- 33 - 80 cm : Carapace ferrugineuse et manganifère rouge à grandes taches noires, tranchant vivement sur les apports superficiels ; aspect feuilleté ; on y reconnaît de petites plages feldspathiques blanc-jaunâtres très nombreuses par endroits.

Parfois aussi, elles sont constituées par les horizons d'intense concrétionnement qui ont pu se former sous la cuirasse ancienne comme le montre l'observation d'une coupe de cantonnier au Km 11.4 sur la route de PO à KAMPALA (Kmc au croisement avec la route de OUA-GADOUGOU) : la cuirasse massive incluant de très nombreux cailloux de quartz repose sur un horizon essentiellement concrétionné à concrétions moyennes et petites, ferromanganifères, développé manifestement dans une altération de granite. On distingue dans les concrétions des lamelles de mica blanc. Cette cuirasse voisine avec de nombreux blocs de granite non altérés, sur le haut d'une pente de 1 à 2 %, inclinée vers PO.

L'examen de la fraction sableuse des cuirasses ou des carapaces qui apparaissent ainsi comme des altérations de granite, montre une nette dominance de sables feldspathiques : échantillons VRK 454, VB 253 et HB 85.

Par ailleurs, la détermination des bases totales par analyse triacidemontre bien surtout par l'équilibre des bases et aussi un peu par leur quantité (il faut signaler là cependant que certains feldspaths ne ^{seulement} pas détruits par l'attaque triacide, même répétée), qu'il s'agit d'horizons d'altération. C'est ainsi que l'échantillon VRK 454 donne :

10 méq de Ca	CaO	:	0.28 %
25 méq de Mg	MgO	:	0.46 %
4.2 méq de K	K ₂ O	:	0.21 %
13 méq de Na	Na ₂ O	:	0.40 %

Tandis que la détermination des bases après attaque à l'acide nitrique concentré bouillant ne donne que :

0.54 méq de Ca
2.95 méq de Mg
0.41 méq de K
0.19 méq de Na.

Cela tendrait à prouver que l'on a à faire à des minéraux difficilement attaquables, donc peu ou pas altérés, essentiellement des feldspaths.

Certains restes de cuirasse ne sont, du moins à leur partie supérieure observée, que la cimentation de produits secondaires (gravillens) arrachés à la cuirasse ancienne. En de nombreux endroits, la nappe caillouteuse qui marque le haut de la surface d'érosion du bas glacis a été recimentée avec les restes de carapaces ou de cuirasses anciennes.

Ces processus de recimentation ont joué aussi dans les sols gravillonnaires sur cuirasse en même temps que les phénomènes d'hydromorphie installaient des carapaces et cuirasses subactuelles. Le profil V2 (page 268) montre ainsi la recimentation progressive d'un matériau gravillonnaire aboutissant en profondeur à une carapace de plus en plus indurée incluant des cailloux de quartz.

Dans le profil VRG 28, la carapace subactuelle à actuelle est posée sur la cuirasse ancienne.

Profil VRG 28

Situation : A 1,8 km de la Volta Rouge sur la piste de PENO à la Volta dans une zone plane à nombreux affleurements de cuirasse ancienne avec des accumulations de concrétions par tas paraissant être dûes à la faune du sol.

Végétation : Maigre savane arbustive à Detarium microcarpum et Butyrospermum Parkii.

Description :

- 0 - 26 cm : Horizon gris devenant beige en profondeur, essentiellement constitué de concrétions ferromanganifères à nombreuses apophyses, formées par la soudure de gravillons ferrugineux. Horizon peu cohérent, très poreux où les éléments ne sont pas soudés entre eux. Terre fine sableuse - Nombreuses racines d'arbustes.
- 26 - 65 cm : Carapace ferromanganifère rouge à taches noires, à aspect feuilleté par endroits - Contient une grande poche peu cohérente où les concrétions irrégulières mais à contour arrondi ont un aspect lavé en surface : à l'intérieur on y distingue un cortex externe rouille et un cortex interne noir, enveloppant une masse rouille où l'on distingue des minéraux du granite (feldspaths). On y distingue aussi quelques petits gravillons.
- à 65 cm : Cuirasse ferrugineuse massive à induration forte sur laquelle est posée la carapace.

A Nobéré, au début de l'ancienne route de Manga, on retrouve dans les puits au-dessous de ces carapaces subactuelles la nappe qui s'est abaissée actuellement pour se maintenir dans l'arène granitique assez peu altérée ; les carapaces intensément concrétionnées reposent assez brutalement sur l'arène granitique, traduisant ainsi le brusque abaissement assez récent donc du niveau de la nappe.

Dans le profil VRN 1, on retrouve, un peu moins brutale, cette discontinuité.

Profil VRN 1

Situation : A la sortie du village de Nobéré à 1,8 Km de l'emplacement du campement, sur une pente d'environ 1 % avec des affleurements de granite.

Végétation : Savane anthropique à Parkia Biglobosa, champ.

Description :

- 0 - 18 cm : Horizon beige un peu gris, faiblement humifère, essentiellement régosolique et constitué de morceaux de la carapace sous-jacente démantelée : pseudo-concrétions irrégulières - Terre fine sableuse à sables grossiers.

- 18 - 40 cm : Horizon beige ocre, peu ou pas humifère, identique par ailleurs au précédent.
- 40 - 90 cm : Carapace ferrugineuse et manganifère rouge à taches noires à aspect nettement feuilleté et caverneux. On y distingue très nettement de nombreux et assez gros cristaux de feldspath jaune-blanchâtre.
- 90 - 127 cm : Horizon olive très pâle à taches et concrétions noires manganifères et à taches rouille ferrugineuses : altération d'un granite à grain grossier très riche en quartz et donnant un produit gravelleux, moyennement argileux, paraissant être différent du précédent. Porosité tubulaire grossière très développée.
- 127 - 168 cm : Horizon olive très pâle à quelques taches noires manganifères et rouille ferrugineuses et d'où disparaissent les concrétions. Altération d'un granite à grain grossier essentiellement quartzeux donnant un produit gravelleux un peu argileux. Porosité tubulaire grossière bien développée - cohésion forte au séchage comme précédemment.

La nappe qui a permis l'installation de cette carapace, probablement grâce aux solutions ferrugineuses libérées par les cuirasses anciennes - si on en juge par la pauvreté du faciès granitique en fer - s'est probablement brusquement abaissée ou a disparu provoquant cette discontinuité dans la ferrugination. Le dernier horizon n'est pas un horizon lessivé puisqu'il montre une ségrégation manganifère, c'est l'altération d'un matériau pauvre en fer où l'action de la nappe ne se manifeste plus.

Nous retrouvons, sous les apports récents, de nombreuses carapaces ferromanganifères subactuelles.

Les phénomènes de lessivage oblique avec accumulation du fer dans les bas de pente, dans les ruptures de pente, ont dû jouer un rôle important mais apparaissant essentiellement inactuel. On trouve en effet à certains endroits des affleurements de bas de pente, des cuirasses et carapaces feuilletées (cf la carapace feuilletée du profil VRG 28 page 41). Parfois on retrouve le long des thalwegs petits ou grands des restes de cuirasses gravillonnaires apparaissant souvent alvéolaires, mais démantelés et non actuels et parfois en discontinuité d'intensité avec l'évolution pédologique environnante actuelle. Ainsi par exemple, à quelques mètres du profil MD 1, en bordure d'un léger thalweg on trouve des restes de cuirasse ferromanganifère alvéolaire, incluant parfois des cailloux de quartz. Nous sommes dans une zone plane à Acacia seyal et Balanites aegyptiaca, du type verticale - halomorphe. La pente d'environ 1 % descend sur le léger thalweg à droite de la piste. Le profil situé à 1,7 km de Mandié sur la piste piéton Mandié-Volta Blanche comprend :

- 0 - 20 cm : un horizon brun clair à très fines concrétions rouille, à taches ocre nombreuses mais imprécises; humifère; texture argilo-sableuse à sables très fins; structure prismatique large marquée par des fentes de dessiccation verticales; cohésion forte.
- 20 - 41 cm : un horizon brun foncé, à très petites concrétions noires manganifères bien arrondies; quelques petites concrétions ferrugineuses rouille humifère; texture argileuse; structure polyédrique grossière moyennement développée à surstructure prismatique large marquée par des fentes de retrait verticales; par endroits c'est la structure prismatique grossière qui devient la structure première; on dégage quelques faces subhorizontales à tendance patinée.
- 41 - 68 cm : un horizon brun foncé, argileux à structure assez peu développée à tendance polyédrique grossière; horizon compact; cohésion forte.
- 68 - 88 cm : un horizon constitué essentiellement de gravillons ferrugineux, avec de petits cailloux à gros graviers de gros à très gros cailloux de quartz et quelques concrétions ferro-manganifères.
- 88 - 103 cm : horizon olive pâle, argileux, à nombreux cristaux de feldspaths blanchâtres, à nombreux amas calcaire; structure polyédrique grossière moyennement développée.
- 103 - 110 cm : Passage progressif au granite friable à micas altérés; feldspaths blanchis actuellement dominants.

C'est un sol complexe du type vertique en surface avec une ségrégation ferrugineuse et manganifère peu intense sous forme de petites à très fines concrétions.

Le 3ème horizon est une argile du type probablement halomorphe (structure peu développée, cohésion forte). Le 4ème horizon, malgré sa nature grossière n'a aucune tendance au cuirassement, l'hydromorphie y provoque la formation de quelques concrétions ferro-manganifères.

Le 5ème horizon est une altération argileuse du type vertique sans ségrégation ferrugineuse, mais avec une forte accumulation calcaire.

Notons en surface une nette hydromorphie se traduisant par une exfoliation de la pellicule superficielle du sol en écailles.

Malgré l'hydromorphie et malgré la présence d'un horizon gravillonnaire (gravillons ferrugineux) en profondeur la ferrugination actuelle reste discrète comme dans tous nos milieux vertiques de cette zone. On voit qu'il y a entre ce profil et les restes de cuirasse situés quelques mètres plus loin, une discontinuité d'évolution.

On peut observer cette discontinuité en bordure du marigot de à l'aboutissement de la piste boussole 90 grades Norgnain-Volta-Blanche. Sur les pentes d'un des petits thalwegs qui se jette dans le marigot on observe des affleurements de cuirasse type ferro-manganifère alvéolaire formée par la cimentation de gravillons cependant que l'entaille des formations qui ont colmaté ce ravin montre des matériaux jeunes sans tendance au cuirassement malgré la nature grossière :

0 - 7 cm : Horizon argilo-limoneux, gris, à structure à tendance prismatique; contient quelques gravillons ferrugineux.

7 - 48 cm : horizon constitué essentiellement de gravillons ferrugineux avec quelques cailloux de quartz et de roches vertes, des concrétions à nombreuses apophyses formées par la ré cimentation de gravillons.

48 - 65 cm : lit de gros cailloux de quartz et de roches vertes

à 65 mc : altération vertique argileuse à structure polyédrique grise à taches jaunes passant vite à la roche friable.

Ce renforcement du cuirassement du bas-glacis (cuirassement postérieur à la dernière étape de dissection qui s'est attaquée au bas-glacis) dans les bas de pente ne semble cependant pas avoir été très intense ici, puisque ces cuirasses ont été très facilement demantelées, alors qu'il subsiste sur la pénélaine les restes du cuirassement du moyen-glacis. Cependant, il est possible que puissent être rattachées à ce type les cuirasses sur lesquelles reposent les alluvions limoneuses à sableuses à certains endroits, ou qui affleurent dans certains thalwegs tels ceux de Ouahigouya (près BOUSSOUMA) et de TAGALLA.

Ce phénomène qui semble plus fréquent ici dans la zone des hauts reliefs schisteux (intensification des phénomènes d'apports obliques), l'est encore beaucoup plus dans le Sénégal Oriental (feuille de DALAFI) où les thalwegs coulent fréquemment sur de véritables tables cuirassées massives. Il est possible aussi qu'il s'agisse d'un renforcement dans certains axes de drainage, du cuirassement du moyen-glacis qui serait plus épais à ces endroits et y aurait donc mieux résisté.

Mais les restes de cuirasse sur lesquels reposent les alluvions limoneuses à sableuses de la Volta Rouge sur la piste boussole de Ponkoyan, semblent devoir être rattachés au cuirassement subactuel type profil VRZ 53 (page 47) : on y retrouve de nombreux galets et cailloux de quartz. La cuirasse à aspect feuilletée dans laquelle est entaillée le lit mineur correspondrait donc à un renforcement du cuirassement du bas glacis.

Ainsi, alors que le cuirassement ancien (type moyen glacis) paraît avoir été général, le cuirassement subactuel revêt comme le cuirassement actuel, un caractère sporadique dû, comme nous l'avons vu, à la disparition des nappes hydrostatiques.

a) Série sans recouvrement :

Il s'agit généralement de cuirasse massive à indurations forte ou de gros blocs de cuirasse épars.

Dans les séries à recouvrements, c'est la cuirasse ou la carapace qui est considérée comme lithosol, les recouvrements squelettiques n'ont été retenus qu'au niveau de la série, ils ont un horizon humifère bien constitué, parfois même différencié en A1 et A2, reposant sur la cuirasse ou la carapace, ils appartiennent donc aux sols peu évolués.

b) Série à faible recouvrement gravillonnaire :

Le type en est donné par le profil VRG 34

PROFIL VRG 34

Situation : Sur la route de Boussougou à Gogo au 16 km - Plateau cuirassé gravillonnaire et caillouteux en surface.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum Parkii et Parkia Biglobosa; strate herbacée à Andropogon gayanus et Hyparrhenia sp. - Repousses de Combretum sp. - Jachère ancienne.

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon gris - Humifère - Gravillonnaire (concrétions remaniées sur faibles distances) meuble.
- 15 - 128 cm : Cuirasse essentiellement ferrugineuse, un peu manganifère, très nettement feuilletée, constituée de concrétions irrégulières, mal individualisées formant des strates délimitées par des films ferrugineux, caverneuse à la base avec caverne à remplissage peu cohérent d'éléments ferrugineux; on y reconnaît quelques gravillons ferrugineux et graviers de quartz et quelques cailloux de quartz dans le haut.

En affleurement, les concrétions s'individualisent.

Ici, le recouvrement de surface très squelettique et exclu-

sivement gravillonnaire est constitué par un remaniement sur faible distance ou sur place de la cuirasse.

Dans le profil VRZ 53, nous retrouvons ce même horizon gravillonnaire avec un faible recouvrement sableux. Les recouvrements sont déjà différenciés en un horizon A et un horizon C, nous avons un profil de sol peu évolué squelettique sur cuirasse.

Profil VRZ 53

Situation : Piste de Zicou à Zabéré au 10 Km 3 - Zone à succession de faux plats descendant vers la Volta Rouge.

Végétation : Savane arbustive bien venue à Butyrospermum Parkii, Terminalia glaucescens, Acacia sp.

Description :

- 0 - 18 cm : Horizon gris, humifère, sableux de 0 à 10 cm environ, puis essentiellement gravillonnaire - Les gravillons sont des pseudocnécrites provenant du démantèlement sur place de la carapace sous-jacente - Horizon peu cohérent, très poreux dans la zone gravillonnaire.
- 18 - 35 cm : Horizon beige creux, peu humifère, peu cohérent, constitué de produits de démantèlement de la carapace sous-jacente et de très grosses pseudocnécrites de type hydromorphe à pellicule externe creuse, lisse et à nombreuses apophyses arrondies.
- 35 - 79 cm : Carapace ferrugineuse de type ferromanganifère à aspect vaguement feuilleté, très **coverneuse**, à induration moyenne, incluant de nombreux galets de quartz de la Volta.

Dans le profil V 43, les produits de recouvrements sont des apports bien individualisés (nettement gravillonnaires : apports sur plus longue distance).

Profil V 43

Situation : Sur la piste de Korsimoro à la Volta Blanche, à 13 km 8 de Korsimoro - Sur une faible pente inférieure à 1 %, gravillonnaire en surface par endroits.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum Parkii, Parkia Biglobosa, Lanea sp., Kaya senegalensis, Strate arbustive à Combretum glutinosum, Spondia mombin.

Description :

- 0 - 16 cm : Horizon gris devenant gris-brunâtre vers le bas - Humifère - Gravillonnaire à terre fine limoneuse cimentant les gravillons - Structure non développée, débit grossier et à cohésion forte.
- 16 - 35 cm : Horizon brun-grisâtre encore humifère, devenant brun plus vif et moins humifère dans le bas - Terre fine argileuse à argilo-limoneuse à nombreux gravillons ferrugineux - Structure non développée, débit grossier et à cohésion forte.
- 35 - 60 cm : Cuirasse ferroc-manganifère rouge à taches noires, induration forte.

Ici, les gravillons sont cimentés dans la terre fine, l'absence de cohésion, la grande porosité qui constitue la principale qualité (et aussi le défaut) des sols gravillonnaires n'existent plus mais peuvent être régénérés facilement par le travail du sol. L'analyse signale une forte proportion de gravillons (66 %), les teneurs en matière organique et en azote total peuvent faire illusion parce que ramenées à la terre fine. Le rapport C/N assez élevé est en accord avec la tendance hydromorphe. Le rapport fer libre sur fer total, élevé dans ce sol peu évolué (76 %) peut témoigner de l'individualisation très rapide du fer sous ce climat au début même de l'évolution des sols. Cependant, dans le profil précédent, dans le prélèvement VRZ 531 (0-18 cm), ce rapport s'abaisse à 48 %, mais il est moins significatif que dans le profil V 43, du fait que les pseudoconcrétions peuvent se briser lors de la préparation des échantillons et perturber les résultats, alors que les gravillons restent intacts.

c) Série à faible recouvrement sableux à sabloargileux

Le type très squelettique est donné par le profil VRB 45

Profil VRB 45

Situation : Sur la route de Léo à Ouagadougou, 4.2 Km avant la Volta Rouge, sur une très faible pente.

Description :

- 0 - 20 cm : Apport sableux beige, peu humifère.
- 20 - 45 cm : Cuirasse ferrugineuse rouge assez massive bien que présentant un aspect vaguement feuilleté, couleur constituée d'ocre jaune, de brun rouge foncé, de brun noirâtre foncé (taches ferromanganifères) - induration forte.

Ce sol, très peu évolué, appartient indiscutablement aux lithosols. L'approfondissement des apports aboutit comme précédemment à la différenciation d'un horizon A et d'un horizon C, on obtient un sol peu évolué squelettique sur cuirasse.

d) Série à faible recouvrement argilosableux

Profil très squelettique, type : VT 2.

Profil VT 2

Situation : Piste de Tanvi au Massili au Km 2.7 - Zone plane, pente inférieure à 1 % - Affleurements de cuirasse par endroits.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum Parkii avec dans la strate arbustive Lannea sp., Combretum glutinosum, Spondia mombin, Indigofera sp. La strate herbacée à base d'Andropogon gayanus laisse des plages nues.

Description :

- 0 - 27 cm : Horizon brunâtre - Peu humifère - texture sable-argileuse à argilo-sableuse à sables fins - Structure peu développée : gros débits à tendance polyédrique à cohésion forte - Gravillonnaire à sa base (remaniement de la cuirasse sous-jacente).

à partir de

- 27 cm : Cuirasse surtout ferrugineuse de couleur rouille, ocre, et noire à induration forte.

Dans le profil suivant, les apports superficiels à peine plus profonds sont différenciés en horizons A et C, l'imprégnation humifère est très faible (14 cm), l'horizon C commence à évoluer sous l'action du mauvais drainage.

Profil VT 26

Situation : Sur la piste de Gonsé à Tangsobintenga, au Km 17.8, en vue des premières cases de Tangsobintenga, sur une pente faible de l'ordre de 1 % descendant du village.

Végétation : Savane bien venue à Butyrospermum Parkii, Lanea sp. avec Kaya senegalensis, dans la strate arbustive : Guiera senegalensis, Bauhinia sp.

Quelques affleurements de cuirasse à ras de terre.

Description :

- 0 - 14 cm : Gris faiblement humifère, sableux moyennement argileux, structure non développée, gros débit à tendance polyédrique à cohésion forte.
- 14 - 32 cm : Horizon ocre beige à taches plus ocre, ne paraissant pas humifère, texture argilosableuse, structure peu développée : gros débit polyédrique à cohésion forte, bonne porosité tubulaire, contient de petits graviers de quartz et gravillons ferrugineux ; posé brutalement sur la carapace.
- 32 - 40 cm : Carapace ferrugineuse recuile et brun foncé, un peu démantelée en surface, passant à 40 cm à la cuirasse à induration forte.

1.2.- Famille sur granito gneiss indifférencié.

Cette famille groupe tous les affleurements de granites et présente en conséquence la diversité des faciès granitiques. Les grands massifs lithosoliques sont essentiellement :

- Les granites intrusifs du Pic de Naouri qui culminent à 600 m environ et couvrent les régions de Pô-Kampala-Tiébé.

- les granites intrusifs de la région de Zourma-Boussougou,
- les collines de la région de Lenga cartographiées en granites syntectoniques à biotite par les géologues
- les syénites alcalines de la "Petite Suisse".

De grandes zones lithosoliques moins individualisés ont été cartographiées, notamment dans la région située au Sud de Basbedo (Volta Rouge) : zone essentiellement pegmatitique.

Les autres affleurements de granite accompagnent les affleurements de cuirasse et les différents types de sols sous forme de boules, de blocs, de petits dômes, d'affleurements à ras de terre ou de pointements plus importants.

L'importance des affleurements de granite atteint presque celle des cuirasses.

a) Série sans recouvrement :

Elle comprend tous les affleurements nus de granite : les reliefs granitiques, les boules et les blocs et certains affleurements nus, à ras de terre.

b) Séries à recouvrements divers :

Comme dans le cas des cuirasses, les recouvrements squelettiques n'ont été retenus qu'au niveau de la série, ils sont généralement peu évolués, mal drainés et constitués de sables, de graviers, et de cailloux. Ils peuvent reposer sur le granite franc ou altéré plus ou moins friable ou plus ou moins argileux.

Le profil VY 27 en donne un type :

Profil VY 27

Situation : Sur la piste de Barguinsé à la Volta Blanche, à 6.7 km de Barguinsé (emplacement du campement disparu), sur une longue pente sableuse descendant d'une butte caillouteuse à affleurements de granite.

Végétation : Savane arbustive à Combretum glutinosum et Acacia senegal.
Surface du sol boursoufflée par endroits par les rejets de vers de terre.

Description :

- 0 - 16 cm : Horizon gris beige, faiblement humifère, sableux peu argileux.
- 16 - 36 cm : Horizon gris blanchâtre à taches rouille, sableux très caillouteux.
- 36 - 135 cm : Granite faiblement altéré où dominent les feldspaths et les micas.

Les apports superficiels peuvent reposer sur un granite en voie d'altération argileuse. Ainsi, au Km 10.9 de la même piste que précédemment, on observe sous un apport brun caillouteux de 20 cm, un granite à grain grossier en voie d'altération, couleur d'ensemble olive pâle à taches jaunes presque essentiellement constitué de cristaux de feldspaths non altérés dans une pâte argileuse, structure prismatique.

1.3.- Famille sur schistes et quartzites

Dans les zones schisteuses, les lithosols sont essentiellement constitués d'affleurements de roches basiques à neutres ou de roches quartzieuses.

Les buttes quartzieuses sont fréquentes dans de nombreuses zones schisteuses, bien qu'elles n'aient pas été mentionnées sur la légende pour éviter une surcharge de cette dernière.

Les lithosols sur schistes proprement dits sont d'une importance négligeable.

1.4.- Famille sur matériaux indifférenciés.

Elle groupe les lithosols de nature difficilement discernable sous le stéréoscope.

II 2 : LES SOLS PEU ÉVOLUÉS

Nous avons vu, au chapitre de la géomorphologie, que les dépôts qui ont recouvert la dernière surface d'érosion, c'est-à-dire le bas glaciaire, devaient être considérés comme jeunes ; aussi les sols peu évolués devraient-ils avoir une importance considérable dans l'ensemble des zones prospectées. Ce sont essentiellement des sols peu évolués d'apport, d'origine non climatique, c'est-à-dire dont la faible évolution n'est pas imputable au climat, mais à la jeunesse des apports.

Les sols peu évolués sont définis par un profil de type A.C., ce qui veut dire que, sur le matériau originel, on ne constate de différenciation que par l'action superficielle de la matière organique. Ici, du fait de la présence d'apports polyphasés et d'action d'hydromorphie ancienne ou (et) actuelle en profondeur, la plupart des profils de sols peu évolués présentent un aspect type A.B.C. : ce sont des pseudoprofils. Nous avons préféré les classer dans les sols hydromorphes en considérant les caractères du matériau de profondeur, tandis que les caractéristiques des matériaux superficiels polyphasés, peu évolués, mal drainés, à tendance ferrugineux tropical n'ont été retenues qu'au niveau de la Série. Nous aurions aussi bien pu adopter un principe inverse de classification, ce que nous avons du reste fait dans la première esquisse de la carte.

La classe des sols peu évolués, ainsi largement amputée, n'a plus que peu d'importance.

Nous distinguerons :

A.- Sous-classe des sols peu évolués d'origine non climatique.

A.1. Groupe des sols peu évolués d'apport.

A.1.1. Sous-groupe des sols peu évolués bien drainés, faciès intermédiaire vers les sols ferrugineux tropicaux.

1. Famille sur alluvions sableuses.

A.1.2. Sous-groupe des sols peu évolués hydromorphes

1. Famille sur cailloux pegmatitiques,

2. Famille sur sables et granites,

3. Famille sur graviers schisteux.

A.1.1.- Sols peu évolués bien drainés, faciès intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

Ce sous-groupe est limité aux bourrelets alluviaux bien drainés. Il a de ce fait une extension limitée, la plupart des alluvions étant affectées par des phénomènes d'hydromorphie.

Nous avons retenu une seule famille.

Famille sur alluvions sableuses.

Le profil VO 12 représente le type de cette famille.

Profil VO 12

Situation : Sur la route de Lenga vers Yakala, à 4 km 7 de Lenga, sur une butte à 100 m environ d'une grande colline granitique. Paysage mammelonné, constitué de bourrelets alluviaux.

Végétation : Savane à Bombax costatum, Daniellia Oliveri, Combretum sp., Terminalia glaucescens, Guiera senegalensis et des repousses d'Andropogon gayanus

Description :

- 0 - 14 cm : Horizon brun E 56, un peu plus gris et un peu plus humifère en surface - Texture sableuse à sables fins, peu argileux - Structure peu développée - Cohésion faible à moyenne se réduisant en particulier - Quelques fines fentes de dessiccation verticales donnant une tendance prismatique large à la structure.
- 14 - 45 cm : Horizon rouge brun à brun rouge, probablement encore humifère faiblement - Texture sablo-argileuse à sables fins - Cohésion moyenne à faible, plus brun et à cohésion un peu plus forte dans le haut où le pic a détaché de gros débits polyédriques à cohésion moyenne.
- 45 - 160 cm : Horizon rouge (E 38) non humifère - Texture identique au précédent - Structure non développée à tendance particulaire - Cohésion faible se réduisant en particulier - Quelques fines fentes de dessiccation verticales - Quelques grosses racines jusqu'à la base - Quelques rares pseudocongrégats ou gravillons ferrugineux et quelques graviers de quartz.

Le profil apparaît très bien drainé jusqu'à 160 cm. Il est assez peu différencié. L'horizon superficiel humifère est appauvri en argile, mais essentiellement par les phénomènes de lessivage oblique, il est légèrement mal drainé. Le deuxième horizon, encore faiblement humifère a une tendance au durcissement et à la structuration mieux marquée que dans les deux autres horizons. Il peut être considéré comme un (B) structural qui permet de classer ce sol comme intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

Les résultats analytiques signalent l'appauvrissement en argile et en fer du premier horizon. Quant aux différences entre les teneurs en argile et en fer (tant libre que total) des deux autres horizons, elles doivent être considérées comme non significatives.

Le complexe absorbant, faiblement acide et assez bien saturé en surface, est acide et plus désaturé en profondeur. Cette acidité est probablement un héritage d'une altération ancienne antérieure à la mise en place. Nous avons pensé à une altération faiblement ferrallitique, mais le rapport silice sur alumine est très nettement supérieur à 2 : 2,2 dans le 2ème horizon, et 2,5 dans le 3ème horizon.

Le rapport fer libre sur fer total est élevé et traduit, dans ce matériau, une forte individualisation du fer.

Les caractéristiques physiques sont inégales : la stabilité structurale est médiocre, tandis que le test de percolation donne des valeurs moyennes sauf en surface ; on voit là l'action améliorante de l'argile en milieu kaolinitique bien drainé.

A.1.2.- Sols peu évolués hydromorphes (ou peu évolués mal drainés)

1.- Famille sur cailloux pegmatitiques :

Les matériaux caillouteux sur lesquels se développe cette famille de sols peuvent être plus ou moins feldspathiques, quartzeux ou micacés, selon la nature de la pegmatite originelle. Ils apparaissent à première vue devoir être à bon drainage, mais la présence de la roche-mère peu ou pas altérée à faible profondeur, la position topographique plane induisant un mauvais drainage externe, peuvent induire une certaine hydromorphie qui, dans ce matériau grossier, se traduit assez facilement par un concrétionnement manganifère et ferrugineux. Lorsque ces manifestations sont bien marquées, nous passons à la classe des sols hydromorphes.

Un exemple de profil est donné par le VN 41.

Profil VN 41

Situation : Sur la piste de Kaïbo à Tigré au Km 15.3 - Zone plane faiblement inclinée vers Tigré.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum Parkii, Anogeissus leicarpus avec Combretum glutinosum, Acacia senegal, quelques Acacia seyal, strate herbacée dense à Andropogon gayanus.

Description :

- 0 - 23 cm : Horizon gris foncé à tendance bleutée - Humifère - sable-argileux - On y distingue des graviers et cailloux de quartz et de petites lamelles de mica - structure du type polyédrique grossier assez mal développée dans l'ensemble, devenant fine et assez bien développée par endroits - cohésion forte dans l'ensemble.
- 23 - 35 cm : Horizon de transition formé de pegmatite en voie d'altération - trainées grises de matière organique (hydromorphie) - fait défaut par endroits.
- 35 - 118 cm : Pegmatite friable - couleur jaune - grandes lamelles de mica - feldspaths jaunis - zones plus micassées et d'autres plus riches en quartz - horizon régosolique.

Le démantèlement de pegmatite est recouvert ici par un faible/sable-argileux très nettement hydromorphe malgré la nature grossière du matériau sous-jacent, hydromorphie se manifestant par la tendance bleutée de la couleur (fer sous forme réduite) et par des pénétrations humifères par trainées dans l'horizon 2.

(35-118 cm)

Dans l'horizon 3/qui est le matériau originel régosolique, on ne note pas de traces d'hydromorphie.

Les résultats analytiques de l'horizon 1 confirment cette hydromorphie par une accumulation toute relative de matière organique (1.6 %) à rapport C/N élevé (16.6). L'individualisation du fer est très poussée : rapport fer libre sur fer total de 79 %. Le pH est faiblement acide (5.9) mais le complexe absorbant paraît proche de la saturation.

Dans le profil suivant, le VMD 5, on voit apparaître le concrétionnement manganifère en profondeur dans l'altération de pegmatite, mais là encore, le profil est jeune et on passe assez vite à la pegmatite assez peu altérée friable.

Profil VMD 5

Situation : Piste de Mandié à la Volta Blanche, au Km 10.6 - Dans une zone plane avec des accumulations de cailloux de quartz par endroits.

Végétation : Savane à Butyrospermum Parkii, Acacia gourmensis, Terminalia glaucescens, Combretum sp., Bauhinia sp; un Dorstenia Clivieri et un Pterocarpus erinaceus - Strate herbacée à Andropogon gayanus, Hyparrhenia diplandra et quelques Cochlospermum tinctorium.

Description :

- 0 - 11 cm : Horizon brun - Humifère - Texture sablonneuse à sabloargileuse - Structure non développée - Horizon frais à humide - Cohésion faible.
- 11 - 23 cm : Horizon brun presque essentiellement constitué de cailloux de quartz anguleux dont certains sont émoussés, de graviers de quartz nombreux, anguleux.- Horizon régosolique à très bonne porosité et cohésion faible - On note la présence de quelques rares concrétions noires manganifères - Terre fine sabloargileuse à argilo-sableuse.
- 23 - 71 cm : Horizon également régosolique : altération d'un granite pegmatitique avec de gros cristaux de feldspath et de grandes lamelles de mica blanc non altéré.- Terre fine brune argileuse - On note également la présence de quelques concrétions noires manganifères - Les grands cristaux de feldspaths sont imprégnés de rouille - La cohésion est faible dans le haut, mais l'horizon devient de plus en plus cohérent et moins altéré dans le bas.
A partir de 71 cm, c'est de la pegmatite friable mais peu altérée.

Ici, le mauvais drainage n'apparaît pas morphologiquement... dans le recouvrement sableux de surface, ce qui se traduit analytiquement par une bonne décomposition de la matière organique (C/N de 7.8, chiffre un peu trop bas cependant pour un horizon de surface et probablement un peu entaché d'erreurs), un pH presque neutre accompagné d'une saturation du complexe absorbant.

Dans les horizons 2 et 3, nous avons retenu la ségrégation manganifère sous forme de quelques concrétions comme un indice de mauvais drainage de même que l'imprégnation des cristaux de feldspath par le fer libéré

Le mauvais drainage qui apparaît donc en profondeur dans ce sol est peu marqué.

Ces sols passent fréquemment aux sols à pseudogley/^{de} surface ou d'ensemble à concrétions et taches sur gravillons et cailloux, dans lesquels la ségrégation ferrugineuse atteint parfois une intensité telle qu'il faut probablement faire appel à des phénomènes de ferrugination ancienne pour expliquer cette richesse en fer qui leur donne un faciès typique de pseudogley à concrétions.

2.- Famille sur sables et granites

Il s'agit de sols sableux reposant sur le granite peu ou pas altéré.

La position topographique, plane, la présence du granite peu ou pas altéré en profondeur, contribuent à en faire des sols mal drainés. Lorsque le matériau sableux est peu épais, il n'a été retenu qu'au niveau de la série dans les lithosols sur granito-gneiss.

Le profil VN 90 donne un exemple de ces sols.

Profil VN 90

Situation : Au km 3.4 sur la piste boussole 354° partant du profil VN 62 (situé à 4.5 Km du marché de Bouema sur la piste Bouema-Ibogo). Zone comprise entre deux petits talwegs distants de 200 m environ, sans affleurements de granite visibles.

Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis avec Sterculia setigera et Anogeissus leiocarpus.

Description :

- 0 - 25 cm : Horizon gris brun, humifère, sablo-gravelleux un peu argileux ; structure nettement prismatique s'affirmant par endroits par de fines fentes de dessiccation verticales.
- 25 - 60 cm : Horizon brunâtre avec des nuances brun-rouille ; à aspect mal drainé ; humifère ; sableux moyennement argileux contenant de petits cristaux de feldspaths, quelques gravillons ferrugineux, structure non développée.

60 - 85 cm : Gneiss peu altéré à grains grossiers et à dominance feldspathique.

Lorsque le matériau de profondeur devient plus gravelleux le concrétionnement manganifère ou même ferrugineux apparaît et on passe aux sols à pseudogley à concrétions, aussi ces sols ont-ils une extension réduite.

3.- Famille sur graviers schisteux.

Ces sols se développent surtout sur les schistes argileux de la région au Sud de Weotenga (Nabil-Lougri) où ils passent aux sols bruns entrophes de la série du Bomboré par approfondissement des apports superficiels aux dépens des matériaux gravelleux.

Profil VMK 24

Situation : Sur la piste boussole Nord de la Volta Blanche à Weotenga (Départ sur la piste boussole Ouest Mahkaraga - Volta Blanche, à 6.9 Km de la Volta Blanche) - à 5.3 Km de Nabil Lougri (Weotenga). Il faut signaler qu'en arrivant vers Nabil Lougri ou Weotenga, nous avons abandonné la direction Nord pour prendre une piste piéton. On se reportera à la carte de situation des profils pour le repérage de ce profil.

Aspect de la surface du sol : Plaine à termitières brunes avec des affleurements de quartz, la surface du sol est brune avec des fentes de dessiccation comme dans les sols bruns entrophes de la série du Bomboré.

Végétation : Elle est assez semblable à celle de ces sols bruns entrophes

C'est une savane arbustive à Acacia gourmensis, Combretum glutinosum, Bahinia sp., Bombax costatum avec Lanea velutina, Sterculia setigera, Acacia senegal ; strate herbacée à Andropogon gayanus.

Description :

0 - 15 cm : Horizon brun gris foncé, humifère, texture argileuse à argilclimoneuse de 0 à 6 cm avec une structure polyédrique grossière et moyenne, moyennement développée, devenant ensuite très gravillonnaire et meuble.

- 15 - 35 cm : Horizon brun, constitué de petits gravillons ferrugineux, de petites concrétions noires manganifères, de petits cailloux de quartz, de graviers de schistes aplatis ferruginisés, brun rouille à rouille, la terre fine est brune argileuse.
- 35 - 117 cm : Horizon rouge jaune F 46 avec de fines taches jaunes; essentiellement constitué de graviers de schistes en voie d'altération ferruginisée de couleur brun vif à cassure brun rouille à taches noires manganifères avec un fin liséré jaune, de petits cailloux de quartz ; horizon bien tassé d'où le picchon détache des éclats à cohésion faible.

La tendance brun eutrophe se manifeste en surface par la couleur brun gris foncé, restant encore brune dans le 2ème horizon.

Le mauvais drainage se traduit par un concrétionnement manganifère dans le 2ème horizon - La ferrugination des morceaux de schistes est due à une individualisation du fer dans le schiste altéré.

II.- 3 - LES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS

PLAN d'ETUDE :

A.- Définitions et principes de la classification.

B.- Sous-classe des Vertisols à pédoclimat très humide pendant de longues périodes.

B.1- Groupe des Vertisols hydromorphes à structure fine en surface.

B.1.1- Sous-groupe des Vertisols hydromorphes moyennement structurés.

1- Famille sur argiles lourdes

- a) Série à structure polyédrique grossière en surface,
- b) Série à structure polyédrique moyenne à petite, à réseau de chenaux,
- c) Série de transition à structure grossière en surface.

B.2- Vertisols hydromorphes à structure large dès la surface,

B.3- Caractères généraux des Vertisols hydromorphes des Voltas Blanche et Rouge.

C.- Sous-classe des Vertisols à pédoclimat seulement temporairement humide.

C.1- Groupe des Vertisols lithomorphes à structure fine en surface
sous-groupe des Vertisols lithomorphes moyennement structurés

C.1.1- Etude monographique.

1- Famille sur argiles lourdes

- a) Série typique à structure polyédrique grossière en surface
- b) Série typique à structure polyédrique moyenne en surface
- c) Série typique à structure prismatique moyenne à petite en surface
- d) Série à faibles recouvrements argilo-sableux à sabloargileux : passage aux vertisols à structure large en surface.

- e) Série à faibles recouvrements sableux
- f) Série à faibles recouvrements gravillonnaires ou polyphasés gravillonnaires en profondeur
- g) Série peu développée.

C.1.2- Caractéristiques générales des Vertisols lithomorphes des VOLTAS BLANCHE et ROUGE

- 1- Conditions de formation
- 2- Caractères morphologiques
- 3- Caractères analytiques des vertisols typiques

A/- DEFINITIONS ET PRINCIPES DE LA CLASSIFICATION.-

Après la classe des sols hydromorphes, celle des Vertisols est la plus importante au point de vue superficie dans nos zones prospectées.

La classe des Vertisols est une nouvelle venue dans la classification française. Elle a été d'abord définie ainsi par les Américains dans la 7ème approximation en 1960 (42) : sols à argiles gonflantes ayant plus de 35 % d'argile, capacité d'échange supérieure à 30 méq pour 100 g de terre, évoluant sous climat sec mais avec une source saisonnière d'eau permettant le gonflement et le retrait des argiles (fissuration, microrelief gilgai, structure prismatique).

On voit dans cette définition interviennent essentiellement des caractères physiques, manifestation du gonflement et du retrait des argiles. La limite de la capacité d'échange fixée à 30 méq pour 100 g exclut cependant les argiles kaolinitiques.

Dans la classification américaine elle-même, les Vertisols semblent introduire une certaine discontinuité. En effet, cette classification est basée sur la présence ou l'absence d'horizons de diagnostic soigneusement définis au point de vue morphologique, structural et chimique. Or, précisément, la définition des Vertisols ne fait intervenir la présence ou l'absence d'aucun de ces horizons de diagnostic à l'échelon de la classe.

La classification française, en zone tropicale ou aride, dirigée par G. AUBERT (4) a retenu les Vertisols, mais, en élargissant et en modifiant leur définition américaine : couleur foncée relativement à la teneur en matière organique, structure prismatique ou polyédrique large et grossière accompagnée d'une macroporosité extrêmement faible des blocs sur au moins la moitié du profil. La classification française ne retient pas la forte teneur en argile, ni la dominance de certains types d'argile gonflante (4). La

classe ainsi remaniée est celle des Vertisols et Paravertisols. Elle remplace notre ancien groupe des sols à Argiles fœcées tropicales autrefois classé dans les sols hydromorphes. Cette nouvelle définition des vertisols qui répond au même souci de différenciation d'un type de sol assez caractéristique, reste peut-être encore un peu trop morphologique, et sa position au niveau de la classe - définie de façon essentiellement génétique d'après le degré d'évolution traduit par une différenciation du profil de plus en plus marquée : (A)C - AC A (B)C ou ABC, et la nature physico-chimique de l'évolution : conditions de l'altération, type d'humus et chimisme du complexe absorbant - semble un peu trop élevée et introduit une certaine discontinuité entre deux type de sols très voisins.

Ainsi par exemple, il n'apparaît pas dans le cadre de nos études en Haute-Volta (Bassins versants des Voltas Blanche et Rouge) et au Sénégal Oriental (1) (Feuille de Dalafi) qu'il existe entre les sols Bruns eutrophes et les Vertisols une différence fondamentale qui mériterait une différenciation au niveau de la classe. Tout au plus pourrait-on les différencier parfois au niveau de la sous-classe :

a) La nature de l'évolution: les conditions d'altération consistent en une bonne représentativité des argiles du type 2/1 avec une moindre dominance (non constante) de la montmorillonite et une plus grande représentativité de la kaolinite (non constante) dans les sols Bruns eutrophes.

Cette moins grande richesse en montmorillonite et cette plus grande richesse en kaolinite semble se traduire par une différence dans la dynamique du fer: dans les Vertisols lithomorphes de Haute-Volta, le fer semble faire partie intégrante du réseau cristallin des argiles (voir dynamique du fer dans les Vertisols) et ceci se traduit par une faible individualisation; dans les sols Bruns eutrophes l'augmentation de la proportion de kaolinite se traduit par une individualisation plus poussée du fer avec comme conséquence morphologique un aspect rubefié par rapport aux vertisols.

Ces variations dans le taux des minéraux du type 2/1 sont liées à la nature de la roche mère (moins basique dans les Sols Bruns eutrophes) ou à des conditions de station influençant le régime hydrique : ce sont des différenciations du niveau de la sous-classe.

H. PAQUET, R. MAIGNIEN et G. MILLOT (36) confirment bien l'identité des conditions d'altération lorsqu'ils disent en parlant des sols Bruns eutrophes et des Vertisols: «les conditions d'altération sont telles - richesse en Ca^{++} et Mg^{++} , drainage déficient - que la montmorillonite est leur minéral caractéristique commun. Il est donc nécessaire pour les définir de s'appuyer sur d'autres critères, en particulier leur structure qui influe profondément sur la morphologie des profils.»

(1.) Rapport à paraître

b) Le chimisme du complexe absorbant : il est peu différent. Il y a saturation à base de calcium et de magnésium. Là encore, les différenciations de détails consistent en une alcalinité plus forte des Vertisols liée à la nature de la roche mère ou à des conditions de station influençant le régime hydrique.

c) Le type d'humus : Il fait l'objet des travaux de recherches poursuivis, C. THOMANN (à paraître sous peu).

La saturation du complexe absorbant à base de calcium et Magnésium dans les deux types de sols les conditions climatiques identiques, la nature des minéraux argileux et les conditions écologiques (au moins en surface) assez identiques, ne semblent pas préjuger de différences fondamentales.

Du reste, il semble y avoir accord entre les différents auteurs pour identifier la matière humique des Vertisols au type mull: P. DUCHAUFOUR(14) parle de complexe montmorillonite - humus ou illite-humus caractéristique de sols calcimorphes et le confirme avec Y. DOMMERGUES en 1963 (16). Les études de C. THOMANN effectuées sur un grand nombre de profils (Haute-Volta et Sénégal-Oriental) et sur la totalité du profil (horizons A, B et C) permettront de préciser ce problème.

d) La nature physique de l'évolution : La structure elle-même n'est pas fondamentalement différente. Vertisols et sols Bruns eutrophes de ces régions appartiennent au même type structural fondamental : la structure prismatique; les structures polyédriques cubiques et en plaquettes sont essentiellement des structures secondaires : le concept central du sol Brun eutrophe semble être le brun eutrophe-vertique. Dans le cas des sols Bruns eutrophes, ces structures secondaires (ici polyédrique essentiellement) peuvent acquérir un développement qui masque plus ou moins la structure prismatique qui devient une surstructure. Ce phénomène apparaît typiquement et très souvent dans les sols Bruns eutrophes du Sénégal Oriental (feuille de Dalafi) où polyèdres et prismes se disputent la première place dans le même profil, le polyèdre lui-même garde souvent une tendance prismatique nette : exemple du profil BS 46 (Sénégal-Oriental)

PROFIL BS 46 (Sénégal-Oriental)

Situation : Sur la piste de BRANSAN à MAMAKONO 10 Km de BRANSAN (Départ dans le marigot).

Butte très caillouteuse et pierreuse.

Végétation : Champ de mil - Savane parc à Pterocarpus erinaceus avec quelques Karité.

DESCRIPTION :

- 0 - 10 cm : Horizon gris brun foncé, humifère; gravelleux et caillouteux : cailloux et graviers de quartz et de roches; terre fine argileuse assez abondante par endroits à structure polyédrique moyenne à petite bien développée; cohésion d'ensemble faible; très bonne porosité.
- 10 - 25 cm : Horizon brun; humifère; texture argileuse avec quelques graviers et cailloux de roche et de quartz devenant nombreux par endroits; structure polyédrique moyenne et petite très bien développée, parfois plus grossière et à tendance prismatique, surstructure prismatique; les gros polyèdres ont une cohésion assez forte mais peuvent se résoudre en petits polyèdres; par endroits vers la base, on passe à une structure prismatique petite à sous structure polyédrique.
- 23 - 73 cm : Horizon brun plus vif, texture argileuse à nombreux graviers et cailloux de roche altérée. Structure prismatique petite à forte tendance polyédrique très grossière assez bien développée avec sous structure polyédrique grossière à petite assez bien développée; par endroits structure grossière à petite bien développée à structure prismatique un peu mal définie.
- 73 - 155 cm : Roche (andésite) altérée friable à très nombreuses poches plus argileuses brunes à structure polyédrique moyennement développée. Structure de la roche encore bien visible; roche très très friable; cohésion moyenne à faible.

Si nous avons cité ce profil du Sénégal-Oriental, c'est en raison de sa position de bon drainage externe, afin de bien montrer que la tendance prismatique n'est pas due à la position de faible drainage externe.

Nous retrouverons la structure prismatique sur de nombreux sols Bruns eutrophes des Bassins Versants des Voltats Blanche et Rouge.

Quant à la structure polyédrique, elle constitue le plus souvent les horizons A des Vertisols et peut aller à plus de 50 cm de profondeur (profil VL 6), elle peut se retrouver dans les horizons B de vertisols mais en assemblage compact et peu développée (profils BS 22 et BS 10 du Sénégal-Oriental dans les Vertisols lithomorphes et BS 8 dans les Vertisols topomorphes - lithomorphes).

Ces variations structurales sont probablement liées entre autres :

- soit à des conditions particulières de station ou d'épaisseur du profil aboutissant à un meilleur drainage avec alors intensification des alternances de dessiccation (retrait) et d'humectation (gonflement) sans engorgement très prononcé, aboutissant à une structure plus fine.

C'est probablement ce phénomène qui joue ici pour les horizons superficiels des Vertisols lithomorphes, soumis de façon plus intense aux alternances de dessiccation et d'humectation. On voit apparaître le rôle de ces alternances de dessiccation et d'humectation dans certains sols à structure large où la structure plus fine de type polyédrique apparaît le long des fentes de retraits (cf profil V 46 page 134) et par endroits seulement.

- soit à des modifications dans la proportion des minéraux gonflants dont la diminution peut se traduire par une amélioration du régime hydrique: diminution de l'engorgement même sur profil profond. Ainsi les sols Bruns eutrophes peuvent se développer en position de drainage externe faible avec la même morphologie que des sols en position de bon drainage externe. Mais ici le phénomène est plus complexe: des sols très riches en montmorillonite à fort pouvoir de gonflement se manifestant par un beau développement de faces de glissement obliques luisantes, peuvent présenter une structure prismatique petite sur la presque totalité du profil (cf profil V 74 qui est un Vertisol typique par toutes ses caractéristiques physico-chimiques) avec une macroporosité des mottes extrêmement faible en profondeur. Par contre certains sols beaucoup moins riches en argiles gonflantes comme le profil V 46 présentent une structure de type prismatique large peu développée coexistant avec une structure prismatique petite à tendance polyédrique, avec une macroporosité des mottes beaucoup plus élevée que dans les Vertisols, et les caractéristiques analytiques (capacité d'échange, bases échangeables, taux de saturation, capacité d'échange des argiles...) de sols Bruns eutrophes.

La macroporosité des mottes ne semble pas dépendre ici du type structural, mais de la nature des minéraux argileux. Les ~~corrélations~~ de la taille de la structure ~~avec~~ les autres caractéristiques physico-chimiques ~~sont~~ très imprécise. Du reste la structure en plaquettes n'est pas une structure grossière. C'est ainsi que nous n'avons pas distingué ici Sols Bruns eutrophes et Vertisols par la taille de la structure prismatique ou polyédrique mais par l'intensification des phénomènes de gonflement dans dans les Vertisols soumettant le sol à des pressions de gonflement élevées qui semblent se traduire invariablement ici par le bon développement de faces de glissement obliques luisantes et striées. Cette structure peut paraître parfois peu développée par suite d'un assemblage compact. C'est la caractéristique distinctive essentielle des Vertisols par rapport aux sols Bruns eutrophes. Comme nous le verrons dans les caractères structuraux des Vertisols, le bon développemant des faces de glissement obliques luisantes est exclusif de la présence de très fortes proportions de montmorillonite dans les Vertisols lithomorphes (60 à 100 %) et traduit donc bien un fort pouvoir de gonflement. Il est lié à des proportions moins fortes (30 à 40 %) dans les Vertisols hydromorphes en raison de la possibilité de gonflement accentuée par un engorgement d'origine topographique. A la limite, cet engorgement très prononcé dû à la position topographique peut provoquer l'apparition de quelques faces de glissement obliques dans un matériaux très argileux assez pauvre en minéraux gonflants.

Du point de vue analytique, cette intensification de l'engorgement dans les Vertisols se traduit par un abaissement très net des caractéristiques analytiques structurales (I_s , K , macroporosité sur mottes) par rapport aux sols Bruns eutrophes.

Dans certains cas cependant, de matériaux riches en montmorillonite, il semble que le grand excès de calcaire actif se traduise par une diminution de la compacité et la formation d'une structure polyédrique (voir caractères morphologiques des Vertisols : structure).

Le problème de la différenciation des sols halomorphes, en ce qui concerne surtout la famille sur argile finement sableuse, est lui aussi délicat et imprécis. Le chimisme du complexe absorbant, les conditions d'altération peuvent rester assez identiques à ceux des Vertisols (cf profil VN 70 page 171).

La différenciation est basée corrélativement à des quantités de Sodium échangeable assez importantes (corrélation ou concomitance) sur une manifestation faible des phénomènes de remaniement internes aboutissant à une structure non fondamentalement différente de celle des Vertisols ou des sols Bruns eutrophes: structure du type polyédrique au type prismatique en assemblage plus ou moins compact (plus ou moins facile à dégager, à séparer de l'ensemble malgré souvent une nette individualisation à l'oeil).

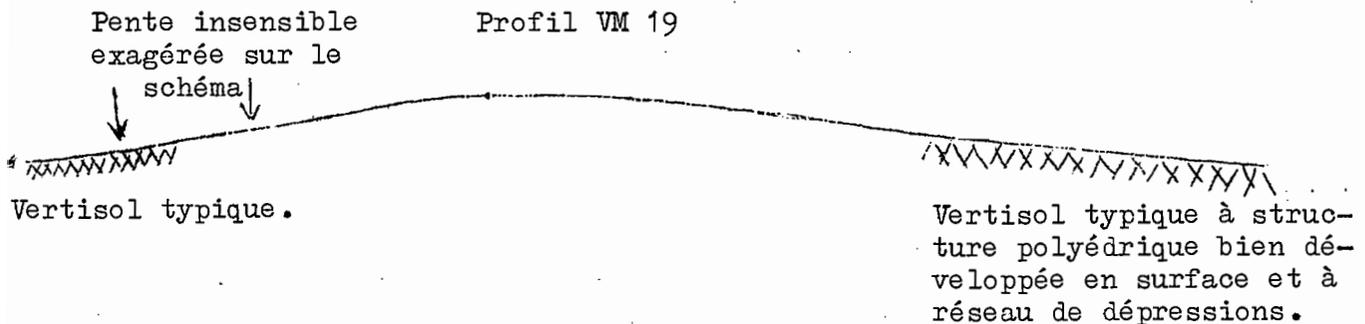
Le plus souvent la structure va du type polyédrique (grossier à petit) bien développé (sol alors difficile à distinguer d'un Brun eutrophe) au type polyédrique en assemblage très compact avec une cohésion d'ensemble forte à très forte aboutissant même parfois à un aspect massif ou continu : mais il ne s'agit pas d'une véritable structure continue.

La structure polyédrique peut avoir une tendance plus ou moins prismatique. La structure prismatique souvent à tendance collumnaire apparaît parfois, seulement en surface ou immédiatement en dessous des apports superficiels sableux. C'est surtout ce caractère qui rapproche ces sols des sols halomorphes. Au Sénégal-Oriental, cette structure est limitée à une épaisseur très faible, 10 cm environ et passe très vite à la structure du type polyédrique.

En profondeur, la structure prismatique, parfois aplatie à faces de décollement, horizontales à obliques plus ou moins patinées (passage parfois à la plaquette oblique patinée) peut apparaître, marquant alors une nette tendance vers les Vertisols. Cette structure peut être à assemblage plus ou moins compact et peut se superposer à la structure polyédrique.

Ces variations structurales ne s'accompagnent pas, en ce qui concerne les sols des Bassins versants des Voltas Blanches et Rouge, de variations corrélatives de la proportion de Sodium échangeable.

Le profil VM 19 donnera une idée de la façon étroite dont des sols de ce type peuvent être liés aux Vertisols. Le profil se situe sur la piste boussole 320° joignant la piste Mandié-Volta Blanche à la piste Gaongo-Volta Blanche (voir carte de situation des profils), au km 8,5. Nous avons un paysage très légèrement ondulé, constitué de larges buttes légères séparées par des zones plus dépressionnaires. Ce paysage rappelle un peu un gilgai.



De part et d'autre, et à quelques mètres seulement du profil VM 19, nous avons des vertisols typiques à structure polyédrique grossière à moyenne bien développée, en surface, à réseaux de dépressions et à effondrements. Pourtant le profil VM 19 est difficile à classer parmi les vertisols, il serait plutôt à rattacher par sa morphologie aux sols halomorphes (cf. profil VN 70): faible manifestation des phénomènes de remaniements internes dans le profil.

PROFIL VM 19

Situation : légère butte très aplatie, à tendance hydromorphe en surface se manifestant par des écailles superficielles, accumulation de cailloux de quartz par endroits avec quelques nodules calcaires.

Végétation : C'est celle des vertisols de ces zones: Savane arbustive claire à Acacia gourmensis, avec Combretum glutinosum, Lanea velutina, strate herbacée dense à Andropogon gayanus laissant cependant des plages nues précisément à l'emplacement du profil.

DESCRIPTION :

- 0 - 26 cm : Horizon brun clair, humifère, à taches rouille bien précises par endroits, texture limono-argileuse à limons grossiers, structure à tendance prismatique large devenant polyédrique moyenne à petite à la base avec des migrations de sables beige clair.
- 26 - 99 cm : Horizon brun jaune, sec dans le haut et très durci, plus frais dans le bas et compact; texture argileuse; structure peu développée et assez mal définie, le piochon ne détache que des éclats qu'on peut résoudre en polyèdres tandis que les mottes détachées au pic et séchées ne donnent pas de polyèdres. On note cependant deux fentes de dessiccation avec migration de sables dans ces fentes. On réussit à dégager seulement quelques petites faces patinées et striées. Assez nombreux nodules calcaires et assez nombreux gravillons ferrugineux et cailloux de quartz - quelques amas calcaires gris-cendre.

Comme nous le verrons, ces sols, classés en halomorphes parce qu'ils ne montrent pas ou peu de remaniements internes ont, du moins en ce qui concerne la famille sur argile finement sableuse, une fraction argileuse à dominance ou même exclusivement montmorillonitique, un complexe absorbant saturé par du calcium et du magnésium avec évidemment une proportion importante d'assez importante de Sodium mais qu'on retrouve dans certains profils typiques de Vertisols qui accusent comme eux, des caractéristiques analytiques structurales de terre sodique: test de parcelation donnant des valeurs de K nulles et de Is très élevées. Par ailleurs, l'atténuation des phénomènes de remaniements internes peut se produire dans un vertisol typique, sans intervention notable du sodium sur le complexe absorbant (cf. profil VRN 4 dans les deux derniers horizons). On doit alors se demander si la classification au niveau de la classe ne doit pas négliger les phénomènes de remaniements internes et prendre en considération le chimisme du complexe absorbant et les conditions d'altération. Tous ces sols répondent ensemble à la définition des sols calcimorphes (il faudrait dire plutôt calco-magnésimorphes) à engorgement au moins temporaire, adoptée par la 3ème approximation de la Carte d'Afrique au 1/5.000.000ème avant sa révision au Congrès de Lovanium en 1963.

Cette définition, entre autre, avait l'avantage de considérer les phénomènes de remaniements internes comme assez secondaires: "à partir d'une certaine teneur en argile, les profils peuvent accuser l'effet "de remaniements internes mécaniques dus au gonflement et rétrécissement alternatifs de ce matériau: tels que "slickensides", gilgai", disparition d'horizons bien marqués".

Elle permet de conserver dans les vertisols les sols d'argiles foncés à structure massive ou peu développée. Du reste, la montmorillonite sodique gonfle autant que la montmorillonite calcique, bien que de façon plus progressive (23), et la présence de sodium n'explique donc pas l'absence de phénomènes de retraits. Par ailleurs, la structure prismatique (columnnaire) est bien connue dans les sols sodiques, la présence de sodium n'explique donc pas l'absence de structure prismatique.

Du reste, les structures prismatiques, columnaire, les phénomènes de retrait, sont bien connus être caractéristiques de la dessiccation des argiles fortement dispersées (38). H. DURAND (18) l'a bien souligné aussi dans sa théorie du développement des structures.

C'est ainsi que la structure prismatique, en colonnes est considérée comme une caractéristique constante et obligatoire des solonetz, que H. DURAND (17) utilisa même comme caractère de diagnostic sur lequel il s'est basé pour définir les solonetz magnésiens. Et, c'est cette structure prismatique magnifiquement bien développée que l'on observe dans le profil VN 17, vertisol typique dont l'horizon B accuse 28 % de sodium échangeable par rapport à la capacité d'échange.

Les structures du type massif ou continu ne se forment que si le sol possède un squelette inexposable et incompressible par les forces mises en jeu lors de l'humectation et de la dessiccation et dans lequel la dispersion de l'argile colmate les vides et donne alors une cohésion très forte dans le cas d'argile sodique. H. DURAND (18) réserve de la structure massive ou continu " à la boue homogène à texture suffisamment grossière pour qu'elle se dessèche sans qu'il se produisent des fentes de retrait".

On constate une plus grande richesse en sables de ces sols halomorphes par rapport aux vertisols (30 à 50 % de sables dans les Vertisols, le plus souvent même, 30 à 40 %; et 40 à 60 % dans les halomorphes sur argile finement sableuse). Mais cette différence ne semble pas pouvoir expliquer à elle seule la disparition de la structure en colonnes dans ces sols.

En effet, cette structure réapparaît dans certains sols halomorphes de la famille sur matériaux argilo-sableux qui sont à texture plus sableuse - mais avec cependant un squelette sableux plus grossier. Il se pourrait que le rôle de dégraissant que peuvent jouer les sables (18), ne soit cependant pas à négliger. C'est ainsi que nous avons remarqué sur les vertisols à texture argilo-sableuse à sablo-argileuse en surface, que cet allègement de la texture par apports de sables contribuait souvent à élargir la structure (qui tend à devenir massive) par atténuation des phénomènes de retrait qui provoquent normalement cet aspect brisé en surface.

Peut-être le calcium dont l'accumulation est constante dans ces sols ajoute-t-il son action (tendance à induire une structure polyédrique dans les horizons B des vertisols) à celles du sodium et des sables.

Actuellement, ce sont donc essentiellement les phénomènes mécaniques dus à des remaniements qui caractérisent à l'échelon de la classe les Vertisols. Nous dégagerons plus loin les caractères constants de ces phénomènes dans les Bassins Versants des VOLTAS BLANCHE et ROUGE.

La classe des Vertisols est divisée en deux sous-classes :

a) - Les Vertisols à pédoclimat très humide pendant de longues périodes. Dans les conditions hydrographiques des Bassins Versants prospectés, les Voltas, à plus forte raison leurs affluents, cessent rapidement de couler. L'hydromorphie est plus intense dans les dépressions, mais elle ne s'y maintient pas pendant de longues périodes. Cela signifie que les Vertisols lithomorphes, ne

sont pas tellement plus longuement humides.

b) - Les Vertisols à pédoclimat seulement temporairement humide. Ce sont les Vertisols lithomorphes.

La classification au niveau du groupe dans chacune de ces sous-classes est basée sur la structure de l'horizon de surface. Là, nous avons dû nous écarter légèrement de la classification, ou plutôt l'adapter aux conditions pédologiques de nos zones. Nous avons constaté sur d'assez nombreux profils une coexistence en surface dans le même horizon d'une structure polyédrique plus ou moins grossière et de la structure prismatique grossière ou polyédrique moyenne à petite. Aussi avons-nous estimé ne pas devoir différencier ces caractères à un niveau supérieur à la série, et nous avons, tout en maintenant nos sols dans le groupe à structure fine (compte tenu de l'aspect "self-much" constant en surface) distingué, sur les conseils de R. MAIGNIEN, un sous-groupe moyennement structuré. Nous avons voulu indiquer par là la finesse seulement relative de cette structure. Initialement, nous n'avions distingué qu'un groupe à structure moyenne à grossière de type polyédrique à prismatique en surface.

Ces difficultés de la classification de la finesse de la structure en surface montrent que ce caractère ne devrait être différencié qu'au niveau du sous-groupe ou même de la série.

Une autre difficulté que nous avons rencontrée dans la classification de nos Vertisols vient des phénomènes de recouvrements. Nous avons déjà vu que ces phénomènes étaient une caractéristique constante des Bassins versants des Voltas Blanche et Rouge. Dès lors, il s'est posé le problème de savoir si on devait cartographier le recouvrement ou les matériaux recouverts. C'est le matériau vertique recouvert qui sera classé d'abord, les recouvrements n'interviendront qu'au niveau de la série tant que leur épaisseur n'excédera pas 40 à 50 cm, et cela parce que le vertisol, même recouvert, à une très grosse influence sur la pédogénèse du recouvrement. Par ailleurs, on passe progressivement du vertisol typique sans recouvrement au vertisol à fort recouvrement, il fallait donc adopter une coupure artificielle si l'on veut éviter la multiplication des groupes et sous-groupes qui rendra la légende de carte trop complexe.

En fonction de toutes ces considérations, nous avons retenu, à l'intérieur des vertisols, la classification exposée dans le plan d'étude.

B/ - VERTISOLS A PEDOCCLIMAT TRES HUMIDE PENDANT DE LONGUES PERIODES

1.- Conditions de formation

Contrairement aux vertisols lithomorphes, les vertisols topomorphes ont des conditions de formation indépendantes de l'altération des roches-mères du milieu. Ils se forment en milieu à altération vertique comme en milieu à altération de type ferrugineux tropical. Leur formation est due essentiellement à l'abondance, des cations Ca et Mg accumulés dans les dépressions par

lessivage à partir des sols voisins. Le maintien et l'abondance de ces cations permet la synthèse d'argiles du type 2 : 1, surtout du groupe montmorillonite, à fort pouvoir de gonflement. Ils peuvent donc avoir parfois une origine mixte petrographique et hydromorphe.

B.1. - Vertisols hydromorphes à horizon de surface à structure fine

B.1.1. Vertisols hydromorphes moyennement structurés.

1°/- Famille sur argiles lourdes

a) Série à structure polyédrique grossière en surface

Profil VRG 14

- Situation : Au Km 3,9 sur la piste de Bétaré à Nobéré
Zone plane basse, hydromorphe en surface avec un réseau de fines fentes de dessiccation, nombreux rejets de vers de terre.
- Végétation : Elle est typique de ce type de sol. C'est la savane arbustive à Combretum sp. arborescents (ghallense); Bauhiniasp., d'où émergent quelques arbres: Pterocarpus erinaceus.
- Description :
- 0 - 19 cm : Horizon brun-gris très foncé (J 82) - Humifère - Texture argileuse - Structure polyédrique grossière à tendance prismatique bien développée, à sur-structure prismatique large bien développée - Aspect brisé.
- 19 - 100 cm : Horizon gris-rouge foncé (F 41) passant au brun-rouge (F 42) par endroits à cause de taches ferrugineuses ocre-jaune, devenant brun-rouge en profondeur - Texture argileuse - Taches brun-rouille dans le haut de l'horizon - Structure prismatique large très bien développée par de grandes fentes de dessiccations verticales avec dans le haut (19-40 cm environ) une sous-structure polyédrique très grossière à nette tendance prismatique; à partir de 40 cm, structure prismatique large à faces de décollement patinées donnant vers le bas de belles patines - Cohésion très forte.
- 100 - 130 cm : Horizon gris à taches ocre - Argileux compact - Structure prismatique avec des faces de décollement patinées ou à tendance patinée; dans le bas de l'horizon, sous-structure prismatique aplatie à faces patinées et striées, avec des revêtements argileux gris sur les faces verticales; on note dans le haut une phase à sables grossiers quartzeux et feldspathiques marquant la base de l'horizon précédent, c'est-à-dire la base des apports.

Ce profil est situé dans une zone de cuirasse démantelée à évolution de type ferrugineux tropical.

Il a la morphologie typique d'un vertisol :

- profil assez peu différencié sur une grande profondeur (jusqu'à 100 cm ici),
- couleur foncée relativement à la teneur en matière organique,
- structure prismatique large en profondeur, très bien développée,
- phénomènes mécaniques dus aux remaniements internes bien marqués: grandes fentes de dessiccation, faces de glissement obliques patinées "silickensides",
- cohésion très forte.

L'influence de l'hydromorphie d'origine topographique plus intense que l'hydromorphie d'origine pétrographique se produisant normalement dans ces sols, se traduit par une ségrégation ferrugineuse qui n'apparaît pas normalement dans les vertisols lithomorphes. Cette hydromorphie se traduit aussi par une accumulation de matière organique relativement forte en surface (3.2 %). La teneur en matière s'abaisse ensuite assez brutalement dans le 2ème horizon tout en gardant encore une valeur correcte qui se maintient assez bien jusqu'à 100 cm. Corrélativement, le rapport C/N de l'horizon de surface (17.1) témoigne d'une matière organique mal décomposée, tandis que celui des 2 prélèvements du 2ème horizon témoigne d'une matière organique assez bien évoluée, mais pas encore assez pour des horizons de profondeur.

Dans le 3ème horizon, la pénétration humifère est de type hydromorphe : revêtements argileux gris sur les faces des prismes.

Alors que les deux premiers horizons sont soumis à une hydromorphie d'inondation, le 3ème horizon est soumis à une hydromorphie plus intense par engorgement à partir de la profondeur.

La pénétration de la matière organique est donc très profonde, et celle-ci est bien répartie sur une grande profondeur si on fait exception de l'accumulation plus forte dans le 1er horizon.

Le rapport fer libre sur fer total reste assez élevé comme dans les vertisols lithomorphes, mais son interprétation est sujette ici à caution, puisque la morphologie traduit une tendance à l'accumulation, c'est-à-dire à la diminution de mobilité du fer. Il semble donc

qu'à la faveur du broyage des échantillons (passage au tamis à trous ronds) une bonne partie du fer accumulé sous forme de taches soit réduite en poudre et dosée ensuite dans le fer libre. (⊘)

En ce qui concerne le complexe absorbant, la différence dans les teneurs en Mg échangeable est due à ce que les analyses n'appartiennent pas à la même série, les 2 premiers prélèvements ont dû être analysés une deuxième fois pour les bases échangeables. Dans la première série, la teneur en Mg échangeable du 2ème prélèvement n'était que de 2.5 méq. On sait que si le dosage de la somme Ca + Mg est correct, celui des 2 éléments séparés est sujet à des variations.

Le pH indique une acidité moyenne : 5.6 à 6.0, tandis que le taux de saturation indique un complexe absorbant presque saturé : 82 %. Ces valeurs sont assez bien concordantes. En effet, un sol à montmorillonite offre à pH 6 un taux de saturation de 80 % (14).

En conclusion, nous avons un sol assez peu différencié sur une grande profondeur, à bonne pénétration de la matière organique, à complexe absorbant saturé en Ca et Mg.

La capacité d'échange ramenée à la fraction argileuse - après soustraction de la part due à la matière organique estimée à 200 méq pour 100 g - est de 47 à 55^{meq} dans le 2ème horizon. C'est une valeur élevée qui témoigne d'une forte proportion d'argile du type 2 : 1, en l'occurrence ici, illite et montmorillonite qui représente ici 50 % de la fraction argileuse avec une dominance de la montmorillonite. Les 30 à 40 % d'argile gonflante (ici montmorillonite) ont suffi à donner un profil typiquement vertique au point de vue remaniements internes. Nous verrons que cette proportion est marginale dans les stations mieux drainées.

Les caractéristiques physiques sont médiocres à mauvaises en profondeur. En surface l'enrichissement en matière organique semble se traduire par une amélicoration de la stabilité structurale qui devient moyenne à assez bonne, tandis que la perméabilité reste médiocre.

Ces vertisols peuvent avoir une origine mixte comme dans le profil VRP 49.

(⊘) Bien que les différents oxydes et hydroxydes de fer individualisés semblent devoir être dosés dans la fraction dite libre du fer, on constate souvent plutôt une certaine diminution du rapport fer libre sur fer total avec la tendance à l'accumulation (taches et concrétions) alors que ce rapport augmente quand il y a fixation sur les surfaces des argiles. Mais lorsque le sol à taches ou à concrétions est réduit en poudre par broyage on peut avoir une certaine augmentation artificielle du rapport fer libre sur fer total.

Profil VRP 49

- Situation : Piste ouverte à la boussole en partant du village de BEDARI vers la Volta Rouge.
- Direction 15°
- Distance 7 Km 7 de BEDARI.
Zone basse plane, environnée par de légères buttes lithologiques où affleurent des gneiss riches en mica blanc.
- Végétation : Savane à Combretum sp. arborescents (hallense)
- Description :
- 0 - 12 cm : Horizon gris foncé - Humifère - Argileux à argilo-limoneux - Structure polyédrique grossière assez bien développée ou prismatique petite assez bien développée, toujours à sur-structure prismatique plus large - Cohésion des agrégats très forte - Aspect brisé par endroits - Plus limoneux en surface - Revêtements argileux sur les faces des agrégats.
- 12 - 50 cm : Horizon gris brun très foncé vers le bas et gris-brun olive très foncé vers le haut, c'est-à-dire moins noir vers le bas - texture argileuse - Structure prismatique large très bien développée par de grandes fentes de dessiccation atteignant 3 à 4 cm de large ; sous-structure prismatique aplatie à faces de décollement horizontales à revêtement gris brun très foncé presque noirâtre, mais pas de patine striée jusqu'à 30 cm. A partir de 30 cm apparaît une sous-structure en plaquettes obliques à belles faces patinées et striées, difficiles à dégager.
- 50 - 77 cm : Horizon brun gris foncé à taches brun olive - On y reconnaît de fines paillettes de mica très nombreuses et jaune d'or - Structure prismatique large assez peu développée - Cohésion d'ensemble forte - Reposant sur un lit de cailloux de quartz continu avec lequel il se mélange dans le bas de 70 à 77 cm.
- 77 - 97 cm : Horizon brun gris olive, couleur assez semblable au précédent mais beaucoup plus riche en minéraux peu altérés : fines paillettes de mica, feldspaths - Cet horizon passe rapidement en profondeur à un gneiss en voie d'altération qui donne un produit argileux plus riche en feldspaths.

Les 2 premiers horizons qui reproduisent sur 50 cm un vertisol typique sont des apports à caractères beaucoup plus vertiques que les suivants.

Le 3ème horizon est encore un apport mais dérivé du matériau en place qui constitue le 4ème horizon. L'altération est de nature identique dans ces 2 horizons, elle est à tendance verticale. La couleur reste foncée à l'égard de la teneur en matière organique, mais la structure prismatique est peu développée, les phénomènes mécaniques de remaniements internes ne se manifestent plus. Il est donc probable que cette tendance ait été renforcée par les phénomènes d'hydromorphie contribuant à enrichir le milieu en cations Ca et Mg.

Les teneurs en matière organique sont plus élevées que dans le profil précédent, mais la répartition dans le profil reste la même : une forte accumulation en surface de matière organique à C/N très élevé : 21 ici, un abaissement brusque de cette teneur dès le 2ème horizon avec, à partir de là, un abaissement très progressif.

Ici le C/N reste élevé en profondeur traduisant une hydromorphie encore plus prononcée que dans le VRG 14.

Le pH faiblement acide en surface : 5.9 sur 12 cm, devient vite très faiblement acide puis neutre, et même légèrement alcalin. Le complexe absorbant est saturé essentiellement à base de calcium semble-t-il.

Les caractéristiques physiques, médiocres en surface, sont mauvaises en profondeur. La matière organique ne semble pas jouer de rôle amélicrant en surface, probablement à cause de ses caractéristiques très hydromorphes.

b) Série à structure polyédrique moyenne à petite à réseau de chenaux :

Profil VRK 27

Situation : Au Km 6.6 à droite sur la route de Kampala à Ti ébélé dans la zone d'inondation d'un marigot.

Aspect de la surface du sol :

Zone plane basse à réseau de chenaux. On distingue dans le fond des chenaux, de très grandes fentes de dessiccation.

Description :

- 0 - 21 cm : Horizon gris clair (couleur à sec) à taches et canalicules ocre, paraissant faiblement humifère ; texture argileuse, structure polyédrique moyenne et petite, très bien développée donnant un aspect très brisé mais devenant plus grossière par endroits ; surstructure prismatique ; cohésion des agrégats très forte. Fine pellicule superficielle brun rouille brûlée par les feux de brousse
- 21 - 33 cm : Horizon gris clair à taches brun rouille ; argileux ; structure polyédrique grossière à tendance prismatique bien développée à surstructure prismatique grossière bien développée aussi ; cohésion des agrégats très forte ; aspect moins brisé que précédemment.
- 33 - 105 cm : Horizon gris foncé à taches brun rouille (couleur humide) devenant gris un peu bleuté au séchage ; texture argileuse, structure prismatique grossière bien développée dans le haut à surstructure prismatique large, devenant dans le bas prismatique large à sous-structure prismatique grossière à faces de décollement subhorizontales à belles patines luisantes ; de larges fentes de dessiccation verticales atteignant 3 à 4 cm traversent le profil et vont mourir à la base du 1er horizon.

Nous avons ici un vertisol typique. La ségrégation ferrugineuse intense sur l'ensemble du profil aboutissant à une certaine gleyification en profondeur témoigne de l'intensité des phénomènes d'hydromorphie d'origine topographique se superposant à l'hydromorphie d'origine pédrographique. Cette double hydromorphie exalte dans un matériau typiquement vertique les phénomènes de remaniements internes aboutissant à la formation de larges fentes de dessiccation au-dessous d'un horizon à structure fine et qui vont déterminer des phénomènes d'effondrements (voir le mécanisme supposé, page 83). Ce sont des effondrements qui se reliant entre eux donnent le réseau de chenaux ou parfois le réseau de dépressions. Ce phénomène est fréquent dans les vertisols topomorphes.

c) Série à structure prismatique grossière en surface -
Transition avec les vertisols à structure large

Profil VRZ 17

- Situation : Sur la piste de Zicu à Guenon à 7.6 Km du départ sur la route de Zicu à P0. Zone basse hydromorphe, lit majeur du talweg du Km 7.5.
- Végétation : Zone de culture de mil à Iptis spicigera.
- Description :
- 0 - 4 cm : Apport litée à cohésion assez forte - Texture limone-sablo-argileuse à sables fins - Beige clair à taches et canalicules rouille, peu humifère.
- 4 - 29 cm : Horizon gris brun à fines taches rouille imprécises (couleur à sec), humide il paraît gris foncé à taches brun rouille à ocre, la cassure des mottes paraît brun rouille à taches gris foncé, ou gris foncé à taches brun rouille - Texture argileuse - Structure prismatique grossière bien développée avec les faces des agrégats gris foncé, parfois à sous-structure prismatique aplatie assez bien développée mais sans patine, ou à structure polyédrique grossière à tendance prismatique assez bien développée par des fentes de dessiccation verticales.
- 29 - 78 cm : Horizon brun à l'état sec à taches ocre à jaune imprécises avec des plages gris foncé à l'état humide et qui semblent être des migrations sur les faces des agrégats ; le lissage au pic est de type brun jaune - Texture argileuse - Structure se dégageant mal du type polyédrique grossier à tendance prismatique ; réseau de fines fentes de dessiccation ; structure assez peu développée ; vers le bas, structure prismatique à faces patinées obliques nette .
- 78 - 145 cm : Horizon gris clair bleuté au séchage à taches ocre petites et nombreuses - Texture argileuse - Structure se dégageant mal parce que gorgé d'eau, mais laissant apparaître de magnifiques faces brillantes et patinées ; sur le déblai, la structure est la plaquette peu épaisse patinée et oblique.

Là encore, la morphologie verticale est assez bien typée, sauf dans le 3ème horizon.

L'horizon superficiel de 0 à 4 cm, constitué d'apports récents n'est pas de type vertique.

Le vertisol commence à 4 cm. La structure est prismatique grossière en surface, mais il existe par endroits une sous-structure polyédrique grossière assez bien développée. On voit bien que la séparation des types structuraux peut dépasser difficilement le niveau de la série.

L'hydromorphie intense sur l'ensemble du profil se traduit par une ségrégation ferrugineuse qui tend cependant à être masquée jusqu'à 78 cm (taches imprécises). A partir de 78 cm apparaît un engorgement par une nappe de profondeur qui induit la formation de gley.

Le pH neutre à très légèrement alcalin en surface, devient moyennement alcalin en profondeur, en accord avec une sursaturation du complexe absorbant en bases échangeables.

La culture semble s'être traduite par une minéralisation de la matière qui devient ici, malgré l'hydromorphie, peu abondante et à C/N faible.

Le test de percolation donne une valeur de K médiocre, l'indice d'instabilité structurale devient très élevé.

B.2.- Vertisols hydromorphes à structure large dès la surface

Nous n'avons rencontré qu'un profil pouvant être rattaché à ce type. Signalons pourtant la non observation des faces de glissement qui ont pu cependant nous échapper: il s'agissait d'une description assez rapide dans une zone non cartographiée.

PROFIL HB 9

Situation : Zone d'inondation du marigot de Zabré.
Rizière - Grandes fentes de dessiccation à la surface du sol

Description :

0 - 60 cm: Horizon gris brun foncé à l'état humide, gris à taches.

brun-rouille, mal délimitées à l'état sec ; humifère ; texture argileuse ; structure prismatique large bien développée ; quelques grandes fentes de retrait ; horizon lourd et compact ; cohésion forte.

60 - 105 cm : Horizon gris clair à taches brun-rouille et ocre, les taches gris clair augmentent vers le bas, texture argileuse où l'on devine une trame de sables fins, réseau de fentes de dessiccation induisant une structure cubique à prismatique ; cohésion très forte.

B.3 - Caractères généraux des vertisols hydromorphes des Voltas Blanche et Rouge :

Les vertisols topomorphes proprement dits ont une importance réduite dans nos bassins versants. Aussi, 3 profils seulement ont donné lieu à des prélèvements d'échantillons sur toute l'épaisseur du profil et 3 autres sur leur horizon de surface.

Cependant, quelques caractéristiques constantes s'imposent et dont nous avons déjà signalé la plupart :

a) La morphologie est assez semblable à celle des vertisols lithomorphes : la différenciation des profils est la même et/type souvent progressif. La manifestation des phénomènes mécaniques dus aux remaniements internes : fentes de retrait, faces de glissement patinées, plaquettes obliques patinées, est relativement plus intense dans les vertisols topomorphes et aboutit souvent dans les sols typiques à la création d'effondrements, de réseau de dépressions ou de réseau de chenaux.

La ségrégation ferrugineuse plus ou moins intense est constante.

b) L'analyse minéralogique du profil VRG 14 a montré qu'ils peuvent être - par rapport aux vertisols lithomorphes - typés avec des taux d'argiles gonflantes (en l'occurrence la montmorillonite) plus faibles de l'ordre de 30 % : l'excès d'eau exacerbe les phénomènes de gonflement.

c) L'accumulation de matière organique à C/N élevé : 17 à 21 est quasi-constante en surface. Le C/N peut garder des valeurs relativement élevées en profondeur (supérieures à 11). La matière organique est relativement abondante jusqu'à assez bonne profondeur (cf. VRG. 14)

- d) Le rapport fer libre sur fer total est assez élevé, il est de l'ordre de 65 % : voir profil VRG 14.
- e) Les caractéristiques physiques sont médiocres à mauvaises, particulièrement en ce qui concerne la stabilité structurale.
- f) Le complexe absorbant est saturé en calcium ou en calcium et magnésium, mais le pH est souvent faiblement acide en surface, s'abaissant plus que dans les vertisols lithomorphes.

C/- VERTISOLS A PEU CLIMAT SEULEMENT TEMPORAIREMENT HUMIDE

C.1- Vertisols lithomorphes à horizon de surface à structure fine - Vertisols lithomorphes moyennement structurés.

C.1.1.- Etude monographique

1°- Famille sur argiles lourdes

Ce matériau argileux est dérivé de roches basiques ou de granitogneiss à amphiboles et pyroxènes dominants.

a) Série typique à structure polyédrique grossière en surface

Cette série est la plus représentative des vertisols sans recouvrements des Voltas Blanche et Rouge.

Profil VN 17

- Situation : Route de Kaïbo à Niaogo, à 8 Km de Niaogo - Surface d'érosion fortement aplanie - Zone plane inclinée vers le Sud - Drainage externe moyen - Erosion en nappe sensible, touffes graminéennes nettement exhaussées - Epanchages de véritables nappes gravelleuses à caillouteuses de nodules calcaires en surface.
- Végétation : Savane maigrement arbustive et très herbeuse - Strate arbustive à Bauhinia sp., Acacia gourmensis, Combretum

sp., Ziziphus sp., Acacia senegal - Strate herbacée
à Andropogon gayanus, Loudetia sp. Schizachirium sp.

Description :

- 0 - 30 cm : Horizon brun gris foncé, humifère, à nombreux nodules calcaires jusqu'en surface à quelques gravillons ferrugineux à patines brillantes - Présence de quelques concrétions noires et de quelques petites concrétions rouille - Texture argileuse - Structure polyédrique grossière à moyenne, parfois petite, très bien développée : horizon à aspect brisé, cohésion des agrégats forte - Très nombreuses racines de graminées - Très bonne porosité d'agrégats de saison sèche.
- 30 - 115 cm : Horizon brun gris foncé, devenant ensuite moins gris et moins humifère que précédemment, le passage est très progressif, l'aspect d'ensemble du profil est peu différencié au point de vue couleur, texture très argileuse - Structure prismatique large très bien développée, délimitée par de très larges fentes de dessiccation verticales, se transformant souvent en véritables galeries délimitant des prismes branlants avec parfois des migrations sableuses sur les faces - Sous-structure en plaquettes obliques patinées assez bien développée, mais devenant difficile à dégager vers le bas parce que l'horizon est compact - Présence de nombreux nodules calcaires souvent blanc-jaunâtre, ils sont plus nombreux et plus gros vers la surface - Contient des graviers de quartz.
- 115 - 140 cm : Horizon brun jaune à très nombreux nodules et masses calcaires blanchâtres - Texture argileuse - contient de fines paillettes dérivées de mica.

La morphologie de ce profil est typique des vertisols.

Nous l'interprétons ainsi :

- 0 - 30 cm : Horizon A₁, humifère se distinguant du suivant par sa structure.
- 30 - 115 cm : Horizon A₂(B) : encore humifère mais possédant la structure d'un horizon B.
- 115 - 140 cm : Horizon B., se distinguant de l'horizon A par l'absence

de matière organique et semble-t-il d'après l'analyse, par une plus forte teneur en argile, se traduisant effectivement par une capacité d'échange un peu plus forte, mais cette dernière caractéristique ne s'impose pas, étant donnée la texture très argileuse dans l'ensemble.

Le profil est assez peu différencié dans l'ensemble, le passage de l'horizon A à l'horizon B est très progressif. La couleur est foncée en regard d'une teneur en matière organique très faible ici.

Les phénomènes de remaniements internes se manifestent avec une intensité très forte : les fentes de dessiccation sont de véritables galeries internes délimitant des prismes branlants, et dans lesquelles tombent les produits plus fins de l'horizon superficiel qu'on retrouve parfois sous forme de prismes aplatis dans le sens de la longueur entre les prismes originels du 2ème horizon. En effet, l'existence de ces galeries en profondeur est le point de départ des effondrements et du microrelief gilgai. Les premières pluies peuvent transformer l'horizon superficiel en une boue fluante avant que ne soient touchés par l'eau les horizons de profondeur et ceci à cause du mauvais drainage interne de ces sols, les fentes de dessiccation restent donc béantes en profondeur et on conçoit bien que l'horizon superficiel s'y affaisse : c'est un effondrement. Mais, lors de l'humectation de l'ensemble du sol, l'augmentation de volume consécutive à ces effondrements ne pouvant se manifester par des poussées latérales, se manifestera vers le haut en des endroits préférentiels : c'est le début du gilgai.

Toutes les manifestations des phénomènes de remaniements internes existent ici : effondrements, microrelief gilgai, grandes fentes de retrait donnant une structure prismatique large, très bien développée, sous-structure en plaquettes obliques patinées, homogénéisation du profil se traduisant ici par une concentration des nodules en surface, (nodules repris par l'érosion et épandus à la surface du sol en véritables nappes.), homogénéisation du profil aboutissant à une différenciation peu marquée.

L'excès de calcium sous l'influence de l'engorgement donne de très nombreux nodules calcaires.

Seule la ségrégation ferrugineuse nous apparaît comme une caractéristique très exceptionnelle en comparaison avec l'ensemble de nos vertisols lithomorphes.

Le chimisme du complexe absorbant est typiquement celui

d'un sol calco-magnésimorphé à engorgement temporaire d'origine pétrographique, mais ici l'influence du Na se superpose à celle du calcium et du magnésium et se traduit par des pH alcalins dans l'ensemble du profil.

En profondeur, le pH est celui des sols à alcalis (pH de la suspension de sol : 8.5), cependant il tombe à 8.1 sur pâte du sol.

Les caractéristiques ^{structurales} analytiques viennent confirmer cette influence néfaste du sodium échangeable : la perméabilité est nulle et l'indice d'instabilité structurale atteint des valeurs très élevées. Ce sont là les caractéristiques des terres sodiques. Le sodium total représente 28 % de la capacité d'échange en B. Mais les sols à alcalis ne sont pas seulement définis par l'influence sodique, il existe aussi des sols à alcalis magnésiens(17); et ce dernier paraît exister ici en très forte proportion.

Le calcium semble exister surtout sous forme de nodules durs ou de calcaire peu actif, puisqu'il représente moins de la moitié des cations dosés sous forme échangeables.

La capacité d'échange des argiles, de l'ordre de 60 méq pour 100g, indique une très forte proportion de montmorillonite.

Les variations autour de ce profil portent sur la structure, l'abondance ou l'absence de nodules calcaires, la pénétration de la matière organique.

Disparition de l'accumulation calcaire et de l'effet sodique ;

Elargissement partiel de la structure en surface.-

Dans le profil VK 4, nous avons la même différenciation que précédemment, nous retrouvons en profondeur les mêmes très grandes fentes de retrait - donnant de véritables galeries où se produisent des glissements de terre riche en gravillons et cailloux de quartz - et corrélativement, les effondrements en surface, mais la structure de l'horizon de surface varie du prismatique grossier au polyédrique grossier, ce qui représente une très grande différence de taille des agrégats. Ceci

confirme ce que nous avons déjà dit à propos de la classification d'après la structure de l'horizon de surface.

Si les caractères morphologiques sont identiques, il y a par contre des différences dans le chimisme du complexe absorbant.

Profil VK 4

- Situation : Sur la piste de K6 à Karakoulé, à 8 km 6 de K6 - Dans une zone plane arbustive, caillouteux en surface, avec des fentes de dessiccation et quelques effondrements - A 200 m un affleurement de roche très mélanocrate, (amphibole et ou pyroxènes). Les blocs de roches ressemblent extérieurement à une cuirasse ferrugineuse superficielle pouvant provenir du contact avec la cuirasse ancienne disparue.
- Végétation : Savane arbustive à Bauhinia sp., Acacia gourmensis et Acacia senegal, Combretum sp. - Strate herbacée à Andropogon gayanus, et Schizachirium sp.
- Description :
- 0 - 32 cm : horizon brun olive F 72, plus gris dans le haut, humifère - Texture argileuse à gravillons ferrugineux et quelques graviers de quartz - Structure polyédrique grossière bien développée, ou prismatique grossière - Cohésion des agrégats très forte - Nombreuses fentes de dessiccation avec un aspect brisé par endroits; à la base structure prismatique aplatie à face patinée, également quelques grands trous communiquant avec de véritables galeries verticales du 2ème horizon - On note la présence de quelques cailloux de quartz.
- 32 - 145 cm : Horizon brun olive F 72 dans le haut, puis brun olive clair E 74 devenant brun E 72 (à reflets jaunes) dans le bas - Structure prismatique très large délimitée par de véritables galeries verticales où se produisent des glissements donnant un horizon souvent remanié et contenant d'assez nombreux gravillons ferrugineux et cailloux de quartz - Ces larges galeries s'arrêtent dans le haut de l'horizon, à la rupture il

y a de grands trous - La sous-structure est en plaquettes patinées et striées, ou en plaques plus épaisses (prismatique aplatie) patinées et striées, bien développée, on arrive à dégager selon les fentes de dessiccation subhorizontales obliques des larges faces magnifiquement patinées de 50 à 80 cm de long (sens subhorizontal) - Horizon compact, lourd, cohésion des agrégats très forte ; nombreuses fines taches et concrétions noires manganifères.

Le sodium auquel on aurait pu attribuer dans le profil précédent la structuration n'est présent ici que le façon négligeable, par contre le magnésium reste dominant sur le calcium. Cette disparition de l'effet sodique semble se traduire par une très nette amélioration des caractéristiques analytiques ^{structurales} (K et Is) qui restent cependant très médiocres. L'accumulation calcaire disparaît ici, et corrélativement, le pH devient faiblement acide, malgré cette acidité, le taux de saturation déterminé 4 fois (1 fois à l'acétate d'ammonium, 2 fois au chlorure de calcium à Hann, 1 fois au chlorure de calcium à Bondy) reste à peu de chose près égal ou supérieur à 100. On sait, et nous verrons, que la relation taux de saturation et pH peut être lâche. Nous considérons donc ici et comme précédemment le sol comme calcomagnésimorphe à engorgement : complexe absorbant restant saturé à base de Ca et Mg.

La capacité d'échange des argiles est légèrement inférieure à celle du profil précédent, l'analyse minéralogique de la fraction argileuse donne une très forte proportion de montmorillonite dans le 2ème horizon : 80 % pour 20 % de kaolinite. Cette proportion s'abaisse très notablement dans le 1er horizon tandis qu'apparaissent des illites. On ne peut pas attribuer cette variation à une évolution secondaire de la montmorillonite en surface, étant donné que l'horizon de surface semble être un apport ou un remaniement différent par conséquent de celui de profondeur.

Malgré un rapport fer libre sur fer total élevé, de l'ordre de 70 %, et le milieu mal drainé, il n'y a pas de traces de ségrégation ferrugineuse : c'est là une caractéristique constante de nos vertisols lithomorphes.

Affinement de la structure d'ensemble, disparition des

effondrements.-

Dans le profil VL 6, nous retrouvons les caractères de forte accumulation calcaire du VN 17, mais elle n'intéresse plus le 1er horizon : la répartition du calcaire n'est plus due à une homogénéisation du profil, mais à la formation en place, d'où la présence de nodules et d'amas calcaires. Dans les prélèvements VN 171 et VN 172, l'élimination des nodules par le tamisage fait tomber la teneur en calcaire total à 0.12 et 0.16 %, tandis que cette teneur se maintient à 4 % dans le prélèvement VN 173 correspond à l'accumulation actuelle de calcaire. On retrouve une teneur assez semblable dans le prélèvement VL 62.

L'influence du sodium est négligeable, par ailleurs le Ca reste dominant sur le magnésium, sauf dans le matériau originel. En effet, dans le 2ème horizon, la quantité de Ca^{++} qu'il faudrait pour ramener la somme des bases échangeables à la capacité d'échange est de 17 méq contre 12.4 méq de Mg^{++} . La proportion Ca-Mg du complexe est la même que dans le 1er horizon. La dominance calcique reste donc faible. On peut penser cependant que cette modification de l'équilibre des cations dans le complexe absorbant est responsable de l'affinement des structures.

Profil VL 6

- Situation : Route de Wayen à Limnoghin (grand axe routier Koupéla-Ouagadougou), 5 Km après la Volta.
Surface d'érosion constituée de larges buttes aplaties dont certaines gravillonnaires (cf. profil VL 6B) avec un réseau de dépressions et des affleurements de filon de quartz.
- Végétation : Savane parc arbustive à Sterculia setigera et Acacia seyal.
- Aspect de la surface du sol :
Surface du sol battu avec fine lamelle d'apport récent se fendillant et tendant à se détacher en écailles - Fentes de dessiccation pouvant atteindre 1,5 cm de large.
- Description :
0 - 30 cm: Horizon brun-gris foncé F 61, paraissant bien humifère - texture très argileuse à assez nombreux gravillons ferrugineux et quelques cailloux de quartz - structure variable

mais bien développée : tantôt polyédrique grossière à très grossière à sous-structure polyédrique moyenne à fine - tantôt polyédrique moyenne à petite à surstructure polyédrique grossière - aspect brisé - cohésion d'ensemble moyenne à faible - cohésion des gros agrégats variable selon le développement de la sousstructure faible à forte - nombreuses fentes de dessiccation.

- 30 - 100 cm : Horizon olive F 82, paraissant peu ou pas humifère à nombreux nodules calcaires blanc-jaunâtres groupés par zones et surtout denses juste en-dessous du 1er horizon, dans le reste de l'horizon quelques nodules et de très nombreux points blancs calcaires le rendant effervescent à l'acide sur toute son épaisseur - On y note d'assez nombreux gravillons arrondis pâtinés quelques cailloux de quartz anguleux et à la base d'assez nombreux gravillons groupés par zones, des morceaux de granite en cours d'altération dont la surface seulement fait effervescence - nombreuses fentes de dessiccation irrégulières - Dans le haut structure polyédrique grossière à nombreuses "apophyses" sans revêtement argileux, moyennement développée ; la cohésion des agrégats est forte à assez forte - tendance prismatique par endroits - Dans la moitié inférieure, structure prismatique ^{petite} oblique très aplatie (plaquettes obliques très nettement pâtinées) bien développée bien que l'horizon soit compact (assemblage compact) - Porosité uniquement assurée par les fentes de dessiccation.
- 100 - 140 cm : Altération de granite amphibolo-pyroxénitique orientée - On y reconnaît l'orientation d'origine.

L'affinement de la structure est net en surface, s'il subsiste par endroits une structure polyédrique grossière ou très grossière - elle possède une sous-structure polyédrique moyenne à fine.

En profondeur, la structure prismatique large disparaît en même temps que les grandes fentes de dessiccation verticales. Les remaniements internes se traduisent ici et seulement dans le bas de l'horizon par une structure prismatique petite oblique très aplatie (plaquette) à faces de décollement subhorizontales pâtinées (slickensides) bien développée avec un réseau de fentes de dessiccation irrégulières qui suppose une structure secondaire de type polyédrique.

Mais les caractéristiques physiques analytiques, indice d'instabilité structurale et perméabilité (perméabilité du 1er horizon, celle du 2ème n'ayant pu être obtenue pour des raisons accidentelles) ne marquent pas d'amélioration. Il faut cependant signaler ici que la dominance calcique est faible $Ca/Mg = 1.4$

L'étude du rôle de l'équilibre Ca-Mg dans la structure des vertisols serait intéressante, mais la difficulté réside en la détermination exacte de Ca et Mg, et nous avons déjà vu qu'en analyse de série la détermination de Ca ou de Mg était sujette à de larges fluctuations.

Nous ne pouvons donc pas dégager de loi d'évolution structurale en fonction de l'équilibre des cations. On peut seulement signaler que l'influence sodique ne semble ^{pas} être responsable de l'intensité des phénomènes de remaniements internes. Cette intensité est, en effet, très grande dans le profil VK 4 non sodique, moyenne seulement dans le profil VY 15, sodique mais peu magnésienne à forte dominance calcique et encore plus faible dans le profil VK 50, très sodique et assez magnésienne. Nous discuterons dans les caractéristiques générales de l'influence du calcaire.

Le profil VL 6 se distingue par sa structuration, mais aussi par sa différenciation plus nette : la pénétration de la matière organique est moins profonde et l'horizon humifère est nettement différencié. Nous interprétons le profil ainsi :

- 0 - 30 cm : Horizon A.
- 30 - 100 cm : Horizon B avec une transition structurale dans le haut,
- 100 - 140 cm : Horizon C.

Le rapport fer libre sur fer total reste élevé mais toujours sans ségrégation ferrugineuse malgré le milieu mal drainé.

Le complexe absorbant est saturé en Ca et Mg et l'accumulation calcaire se traduit par un pH alcalin en profondeur, et surtout dans la matière originelle. En corrélation avec cette alcalinité, du matériau originelle où le magnésium domine à nouveau sur le calcium, la fraction argileuse y est constituée presque exclusivement de montmorillonite malgré l'aspect poudreux blanchâtre qui pouvait laisser penser à une kaolinisation : 90 % de montmorillonite pour 10 % de kaolinite. On retrouve une proportion assez semblable dans l'horizon B : 80 % de montmorillonite

et 20 % de kaolinite. Mais l'horizon de surface marque une baisse du taux de montmorillonite qui tombe à 40 %, tandis que la kaolinite devient dominante avec 50 % et qu'apparaissent des illites. Cette répartition est due comme précédemment non pas à évolution en place mais à l'origine différente des matériaux qui constituent les horizons. Corrélativement, à cette minéralogie des fractions argileuses des différents horizons, la capacité d'échange des argiles tombe à 49 méq pour 100 g en surface, tandis qu'elle remonte à 70 méq dans l'horizon B, et atteint 110 méq dans l'horizon C. Nous essayerons d'expliquer au chapitre des caractéristiques générales de nos vertisols cette grosse remontée de la capacité d'échange dans les horizons d'altération difficilement imputable à la faible augmentation du taux de montmorillonite.

Atténuation des phénomènes de remaniements internes
et de la structuration

Profil VRN 4

- Situation : Sur la route de Nobéré vers Pô au Km 6.1 après Nobéré sur une plaine à faible pente de 1 %.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis, Combretum sp., et Sterculia setigera.
- Description :
- 0 - 22 cm : Horizon brun-gris foncé - Humifère, Texture argileuse Structure polyédrique grossière à tendance prismatique très bien développée, aspect très brisé, à surstructure prismatique large bien développée.
- 22 - 48 cm : Horizon brun olive plus foncé que le suivant - Paraissant encore humifère - Texture argileuse - Structure prismatique assez grossière ou très large se développant assez bien par de grandes fentes de dessiccations verticales qui semblent s'arrêter à la base de cet horizon les faces obliques sont patinées - On note la présence de gravillons ferrugineux.
- 48 - 96 cm : Horizon brun olive - Texture argileuse - Structure prismatique aplatie assez peu développée, on réussit à dégager les faces patinées et striées mais pas les prismes.

96 - 125 cm : Horizon olive s'éclaircissant vers le bas - Texture argileuse - Structure peu développée, on dégage difficilement quelques rares larges faces patinées - On note la présence d'assez nombreux amas terro-calcaires gris cendre.

125 - 132 cm : Horizon olive pâle à taches jaunes et à petites plages blanchâtres - texture argileuse - structure peu développée ; on dégage quelques faces bien patinées et striées - Horizon d'altération d'un granite à grains fins.

Dans ce sol, le complexe absorbant semble être à dominance calcique et sans influence sodique (cependant les teneurs en Mg^{++} ne sont pas sûres, celle du 1er horizon était de 0.62 méq au lieu de 8.7 méq dans la 1ère série d'analyses, à laquelle appartiennent les déterminations des horizons 2, 3 et 4). Il y a une tendance à l'élargissement de la structure en surface, cet élargissement s'affirme dans le 2ème horizon. Mais dès 48 cm, la structure devient du type peu développée, la manifestation des phénomènes de remaniement internes est très atténuée, les fentes de dessiccation ont disparu. Cette atténuation s'accroît encore plus dans le 4ème horizon où il ne subsiste que quelques faces de décollement subhorizontales patinées.

Contrairement donc au schéma classique, la manifestation des phénomènes de remaniements internes qui devrait augmenter en profondeur, diminue, sans que cela puisse être attribué à une modification quelconque granulométrique, chimique ou minéralogique. La montmorillonite très abondante dans tout le profil (teneur équivalente à celle des profils précédents) tend au contraire à diminuer vers la surface. Elle est du type bien cristallisé.

Le profil à différenciation progressive s'interprète ainsi :

0 - 22 cm : Horizon A₁
22 - 48 cm : Horizon A₁₂(B)
48 - 96 cm : Horizon B₁
96 - 125 cm : Horizon B₂
125 - 132 cm : Horizon B (C).

L'horizon B₂ accuse une faible accumulation calcaire sous forme d'amas terrocalcaires, en même temps qu'une augmentation de la teneur en argile.

A la limite nous passons aux sols que nous avons classés comme halomorphes et où, malgré des teneurs en montmorillonite souvent élevées, il n'y a que peu ou pas de manifestations des phénomènes de remaniement interne.

Nous pensons que la variabilité de ces phénomènes est une raison supplémentaire contre leur emploi comme critère de différenciation à un échelon élevé de la classification tel la classe ou même la sous-classe.

Il apparaît comme secondaire à l'égard des processus d'altération et du chimisme du complexe absorbant. Peut-être est-il lié à des conditions d'hydromorphie plus ou moins prononcées. Nous avons déjà vu en effet qu'en position très hydromorphe (talweg) un taux relativement faible de montmorillonite suffisait pour assurer une assez grande intensité des phénomènes de remaniements internes. Par ailleurs, si certains matériaux originels d'argiles vertiques typiques présentent une structure de type polyédrique moyen à grossier (VY 10, VY 15, VG 11, VG 24...), d'autres présentent la structure prismatique oblique à faces de décollement patinées ou à tendance patinée (VN 66, VN 54, VY 1, VY 2, VY 6, VY 16, VY 18, VY 24, VY 75, VG 9).

Dans le VY 16, par exemple, nous avons en profondeur une pâte argileuse bourrée de feldspath à structure prismatique oblique petite bien développée, à faces de décollement subhorizontales patinées avec prolongement de cette structure dans le gneiss en voie d'altération.

Dans le profil VN 66, cette structure prismatique oblique grossière, ici à larges faces patinées et striées, se développe de 68 à 107 cm dans une argile olive pâle très riche en cristaux de feldspaths blanchis, lamelles noires de mica, peu altérée.

Dans le profil VY 6, c'est toujours dans un matériau argilo-sableux à sables feldspathiques et quartzeux que nous retrouvons cette structure.

Mais c'est le profil VRZ 52 qui illustre le mieux l'importance toute relative seulement qu'il faut accorder à ces phénomènes en tant que facteurs traduisant un stade évolutif.

Dans le profil VRN 5 situé à 2,3 km du précédent dans la même zone, la structure des horizons profonds passe franchement au type polyédrique, alors que dans le haut, les phénomènes de remaniements internes sont très bien marqués.

PROFIL VRN 5

Situation : Sur la route de Nobéré à Pô; plaine à termitières brunes et à fentes de dessiccation en surface.

Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis avec Bombax costatum et Sterculia setigera.

Description :

0 - 21 cm : Horizon brun gris foncé; humifère; texture argilo-sableuse; structure prismatique large en surface passant ensuite à prismatique petite à tendance polyédrique très bien développée avec un aspect brisé; par endroits la structure reste prismatique large dans toute l'épaisseur; cohésion des agrégats fortes.

- 21 - 64 cm : horizon olive, plus humifère dans le haut; texture argileuse; structure prismatique large bien développée par de grandes fentes de dessiccation verticales atteignant 2 cm de large par endroits; sous-structure prismatique petite aplatie tendant à passer à la plaquette par endroits, faces de décollement obliques patinées et striées; cohésion des agrégats très forte; quelques concrétions noires manganifères.
- 64 - 132 cm : Horizon olive pâle; argileux; structure prismatique moyenne assez bien développée dans le haut, passant vite vers le bas à prismatique petite à tendance polyédrique bien développée; concrétions calcaires blanchâtres et quelques amas terro-calcaires.
- 132 - 150 cm : Horizon olive pâle assez identique au précédent par endroits, mais contenant beaucoup de roches altérées feuilletées; essentiellement constitué par endroits de roche blanchâtre friable: faciès différent riche en feldspaths blanchis, à taches jaunâtres; par endroits c'est la roche à faciès schisteux friable.

Le schéma classique de la structuration des Vertisols est encore plus perturbé ici, peut être faut-il y voir un rôle du calcaire en profondeur.

PROFIL VRZ 52

Situation : Au km 8,5 sur la route de Ziou à Zabré.
Plaine très mollement et largement ondulée, avec profil situé en position plane et haute.
Savane à karité avec Comretum glutinosum.

Description :

- 0 - 20 cm : Horizon gris brunâtre, humifère, avec des nuances plus brunes; texture sableuse; structure prismatique large assez peu développée; fines fentes de dessiccation verticales; cohésion forte; porosité tubulaire moyenne.
- 20 - 37 cm : Horizon brun, humifère; sableux moyennement argileux; structure identique à la précédente, cohésion un peu plus forte.
- 37 - 52 cm : Horizon argileux à couleur d'ensemble brune avec des taches blanchâtres feldspathiques et des reflets dorés de micas; structure prismatique petite à moyenne bien développée à faces de décollement subhorizontales nettes à tendance patinées et même patinées mais non luisantes; cohésion des agrégats très forte à exceptionnelle.
- 52 - 90 cm : Horizon de transition constitué par le granite peu altéré taches jaunes, reflets dorés de micas, feldspaths blanchâtres avec cependant une structure prismatique grossière très bien développée; les faces verticales des prismes ont un revêtement brun, de ^{et les faces} décollement subhorizontales sont nettes et à tendance patinée; cohésion des prismes ^{est} très forte.

90 - 115 cm : Granite peu altéré avec une structure à tendance prismatique; très riche en feldspaths.

L'atténuation des phénomènes de remaniements internes peut correspondre dans certains cas à une diminution de la teneur en montmorillonite. Elle semble se produire en position de drainage externe possible aux environs de 30 à 40 % de taux de montmorillonite, dans la fraction argileuse. C'est le cas des profils VS 15 et 26 qui marquent le passage des sols bruns eutroques vertiques aux vertisols (pages 144 et 146).

Accentuation des phénomènes d'effondrements : vertisols à réseau de dépressions ou à réseau de chenaux -

PROFIL VL 76

- Situation : Piste ouverte à la boussole, en partant de la route Volta Wayen à 7,7 km de la Volta (en face de la piste Wayen 1).
- Direction 363 grades jusqu'à 0,4 km, puis 395 grades
- Distance : 1,5 km.
zone plane à effondrement et à réseau de dépression.
- Végétation : Savane à Acacia gourmensis, Lannea microcarpa, Sterculia setigera, Acacia seyal, Combretum glutinosum, Sclerocarya birrea, Bombax costatum; strade herbacée à Andropogon gayanus - Grandes fentes de dessiccation à la surface du sol.
- Description :
- 0 - 21 cm : Horizon brun rouge foncé, humifère, à taches brun rouille à rouille nombreuses surtout dans le bas, avec quelques gravillons ferrugineux et graviers de quartz - Texture argileuse. - De nombreuses racines de graminées - Structure double: tantôt large polyédrico-prismatique, tantôt et plus souvent polyédrique grossière, moyenne ou petite bien développée, par endroits surstructure prismatique; de nombreuses fentes de dessiccation - aspect brisé par endroits là où la structure polyédrique est bien développée.
- 21 - 131cm : Horizon olive F 84 à taches rouille à brun rouille jusque vers 60 cm environ, à nombreuses petites concrétions noires mangani-fères, taches jaunâtres, gravillons ferrugineux et cailloux de quartz parfois émoussés plus ou moins gros dans l'ensemble du profil, texture argileuse - structure prismatique large délimitée par quelques larges fentes de dessiccation (de l'ordre de 2 cm ou plus large) se terminant dans le haut par des trous marquant les effondrements; sous-structure en plaques et plaquettes obliques patinées, striées, parfois concaves, assez bien développée avec un réseau de fines fentes de dessiccations irrégulières - Quelques rares nodules calcaires dans le bas, cailloux de quartz et gravillons ferrugineux sont nombreux par endroits.

Nous retrouvons les grandes fentes de dessiccation dans lesquelles s'effondre l'horizon superficiel. Ce processus d'effondrement aboutit ici à la formation d'un réseau de dépressions dont l'importance est disproportionnée par rapport à celle des effondrements. Il semble que ce soit ici la superposition d'un engorgement plus prononcé d'origine topographique au phénomène d'effondrement qui amène la formation du réseau de dépressions. Le phénomène est en effet très fréquent et atteint une intensité très élevée dans les vertisols topomorphes chaque fois que ces derniers présentent de larges fentes de dessiccation permettant à l'horizon supérieur de fluer en profondeur. Dans le profil VRK 27, situé sur la route de Kampala à Tiébélé, à 6.7 Km de Kampala dans la zone d'inondation du marigot, on a un véritable réseau de chenaux et on peut distinguer dans le fond de ces chenaux de très larges fentes de dessiccation. On retrouve ces fentes dans le profil et elles dépassent couramment 3 à 4 cm de large. Ces fentes viennent toujours mourir à la base des horizons superficiels, ce qui permet à ces derniers de s'imbi-ber d'eau avant les horizons de profondeur, et de fluer dans les fentes restées béantes.

Dans le profil VL 76, l'intensification des phénomènes d'hydromorphie se manifeste par une ségrégation ferrugineuse qui dans ces Bassins Versants ne caractérise que les vertisols hydromorphes. Mais cette ségrégation n'est pas très prononcée, et nous sommes à la limite vertisols lithomorphes et vertisols hydromorphes. Dans le profil VRK 27 où l'hydromorphie est plus intense, la ségrégation ferrugineuse est très intense, la couleur devient gris clair à taches ocre, brun rouille..

En conclusion, si les effondrements peuvent parfois se produire dans les vertisols lithomorphes, le réseau de dépressions ou de chenaux caractérise une accentuation des phénomènes d'hydromorphie.

Nous retrouvons une autre caractéristique dans le profil VL 76, à savoir : la coexistence en surface de plusieurs types structuraux - en l'occurrence ici 3 à 4 -, phénomène très fréquent que nous avons déjà pu constater dans certains profils cités (VL 6, VK 4), et qui justifie notre souci de ne pas définir un type structural à un échelon de la classification aussi élevé que le groupe ou même le sous-groupe. Même au niveau de la série, nous sommes embarrassés. Mais la classification française ayant retenu au niveau du groupe la structure de l'horizon de surface, nous avons jugé nécessaire, après l'élargissement que nous avons fait à ce niveau, de définir nos séries d'après un type structural précis. Il ne peut s'agir le plus souvent que d'une dominance structurale.

b) Série typique à structure polyédrique moyenne en surface.-

Profil VY 78

- Situation : Sur la piste de Norguain à Niacgo à 3.5 Km de Norguain - Sur un léger plateau caillouteux à nombreux affleurements de blocs de gneiss très leucocrate et essentiellement feldspathique à mica blanc, avec des filons de quartz fumé.
- Végétation : Savane très arbustive à Acacia gourmensis, Acacia senegal et Acacia seyal avec quelques Butyrospermum parkii - Strate herbacée à Andropogon gayanus par touffes exhaussées.
- Description :
- 0 - 3 cm : Horizon brun gris très foncé, bien humifère - Texture argilo-sableuse à sables fins - Structure litée - Cohésion moyenne - fentes de dessiccation en surface.
- 3 - 16 cm : Horizon brun gris foncé J 41, humifère - texture nettement argileuse - Structure polyédrique moyenne, bien développée aspect brisé - Contient des cailloux et des graviers de quartz.
- 16 - 42 cm : Horizon brun rouge foncé J 26, humifère - Texture nettement argileuse - Structure prismatique petite à face patinée, ou prismatique, à sous-structure polyédrique moyenne à grossière, ou encore polyédrique moyenne à grossière parfois petite, bien développée, aspect brisé par endroits ; nombreux cailloux de quartz, des gravillons ferrugineux et des concrétions noires manganésifères.
- 42 - 81 cm : Horizon brun olive foncé F 72 - Texture nettement argileuse - Structure en larges plaques à faces très patinées et nettement striées, bien développée, surstructure prismatique ; présence de cailloux de gneiss et de quartz fumé, de gravillons et de concrétions manganésifères - Présence de fentes de dessiccation verticales.

81 - 131 cm : Horizon olive pâle E. 83 : gneiss altéré avec de nombreux filons de feldspath blanc, on reconnaît de très nombreuses fines paillettes de mica, de petits cristaux de feldspath et des plages de gneiss peu altéré.

Interprétation :

- 0 - 3 cm : Appart superficiel récent litté,
- 3 - 16 cm : Horizon A11
- 16 - 42 cm : Horizon A12
- 42 - 81 cm : Horizon B
- 81 - 131 cm : Horizon C.

Le profil assez peu profond, et tendant vers les vertisols peu développés est cependant typique.

La structure polyédrique moyenne est bien développée en surface, l'horizon A12 est une transition structurale. Les larges faces de glissement striées de l'horizon B témoignent de remaniements internes assez prononcés. La montmorillonite très dominante en surface (70 à 80 %) devient exclusive dans l'horizon B (100 %).

Il n'y a pas d'accumulation calcaire dans le profil et le magnésium paraît nettement dominant dans la saturation du complexe absorbant. L'influence sodique est négligeable.

Le pH neutre en profondeur est légèrement acide en surface, le complexe absorbant est entièrement saturé en Ca^{++} et Mg^{++} .

Le rapport fer libre sur fer total élevé, ne se traduit par aucune ségrégation ferrugineuse.

Les caractéristiques physiques sont exceptionnellement bonnes pour ce type de sol, et nous ne pouvons expliquer cette amélioration.

c) Série typique à structure prismatique moyenne à petite en surface.-

Profil V 74

- Situation : Sur la piste de Korsimoro à la Volta Blanche en passant par Masa, à 1 Km 1 de Korsimora (départ au croisement avec la route de Ouaga)
Dans une zone plane dominée à droite par de nombreuses collines.
- Végétation : Ancienne zone de culture, végétation essentiellement herbacée.
- Description :
- 0 - 25 cm : Horizon brun jaune paraissant peu humifère - Texture argileuse - Structure très bien développée, prismatique petite à tendance polyédrique grossière, ou polyédrique moyenne à tendance prismatique, parfois prismatique plus grossière ; surstructure prismatique grossière à large bien développée, aspect brisé ; nombreux cailloux de quartz.
- 25 - 125 cm : Horizon brun olive - Texture argileuse s'éclaircissant vers le bas, plus riche alors en minéraux en voie d'altération - Structure très bien développée, prismatique, petite à faces de décollement subhorizontales patinées ou en petites plaquettes patinées ; la structure va en s'élargissant vers le bas - On note la présence de quelques concrétions noires manganifères.
- 125 - 143 cm : Horizon blanchâtre et brun pâle (altération de granite orienté ou d'un gneiss à grains fins) - Structure prismatique à polyédrique (taille d'un polyédre grossier) bien développée à surstructure prismatique grossière.

Interprétation du profil :

- 0 - 25 cm : Horizon A, très peu humifère.
- 25 - 125 cm : Horizon B.
- 125 - 143 cm : Horizon C (B).

Nous n'avons ici qu'une dominance structurale prismatique petite. L'affinement de la structure que nous avons déjà vu dans le profil VL 6 (structure de type polyédrique surtout ne devenant prismatique que dans le bas) se retrouve ici dans une structure de type prismatique sur l'ensemble du profil. Par rapport au VL 6, la structure est très bien développée sur l'ensemble du profil.

L'accumulation calcaire non visible morphologiquement se retrouve analytiquement dans les horizons B et C (B), et augmente en profondeur. Elle se traduit par une alcalinisation du pH. Le complexe absorbant saturé sur l'ensemble du profil est à dominance calcique.

Malgré cette structuration fine, nous avons un complexe absorbant à caractère minéralogique typique^{ment} vertique :

- Fraction argileuse constituant plus de 40 % de la terre totale,
- Montmorillonite très abondante dans toute l'épaisseur du profil (70 % en surface, atteignant 100 % dans l'horizon C (B)) et bien cristallisée.

La diminution de la montmorillonite vers la surface paraît liée à une évolution en place étant donné que le profil ne paraît pas remanié de 25 à 143 cm.

Le rapport fer libre sur fer total élevé ne se traduit par aucune ségrégation ferrugineuse.

structurales

Les caractéristiques ~~analytiques~~ stabilité structurale et surtout perméabilité sont relativement bonnes pour ce type de sol.

En conclusion, nous avons donc un sol à structuration d'ensemble fine mais à caractéristiques analytiques parfaitement identiques à tout point de vue à ceux des vertisols typiques à structure large. On voit là encore que l'utilisation de la ^{taille de la} structure pour la définition

des vertisols à l'échelon de la classe ne se justifie pas.

d) Série à faibles recouvrements argilosableux à sabloargileux - passage aux vertisols à structure large en surface.-

Ces deux types de recouvrements sont très souvent verticaux ou à tendance verticale. Par ailleurs, ils engendrent un élargissement superficiel de la structure qui fait que cette série marque le passage vers les vertisols à structure large.

Profil VL 45

- Situation : Sur la piste de Limmoghen à la Volta Blanche (piste 1 : embranchement à gauche 2 Km après le campement de Limmoghen) à 9.7 Km du campement ou 7.7 Km après l'embranchement -
Surface plane inclinée à partir du pied d'une colline cuirassée qui surplombe à 30 m environ - La pente est de 1 à 2 %.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia senegal avec Acacia gourmensis, Lannea microcarpa ; strate herbacée à Lou-detia sp., Andropogon gayanus et Hyparrhenia sp. - Quelques termitières brunes, de fines fentes de dessiccation en surface, parfois la surface du sol s'écaille en fines lamelles. Par endroits, accumulation de gravillons et de graviers sous l'action de l'érosion.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon brun gris E 62, humifère - Texture argilo-sableuse à gravillons ferrugineux d'appert plus nombreux dans le bas - Structure polyédrique large à cohésion forte, à sous-structure polyédrique très grossière par endroits, cohésion forte - Bonne porosité tubulaire moyenne due aux termites.
- 15 - 36 cm : Horizon rouge jaune H 36 encore humifère - Texture argilo-sableuse à argileuse ; contient de nombreux

gravillons ferrugineux et graviers de quartz - Structure polyédrique grossière (parfois grossière à moyenne quand elle est bien développée) à développement très variable : tantôt horizon assez durci à structure peu développée, tantôt à structure polyédrique grossière assez bien développée avec tous les intermédiaires ; il repose à certains endroits sur un horizon essentiellement gravillonnaire allant de 30 à 70 cm, ou même de 10 à 70 cm, avec alors une ségrégation ferrugineuse dans le bas se traduisant par une pellicule ocre rouille sur les gravillons dont les emplacements sont patinés.

36 - 105 cm : Horizon olive pâle D 83, moins jaune dans le bas D 82, argileux et compact à structure prismatique grossière dans le haut devenant très nettement à larges plaques patinées dans le bas ; surstructure prismatique large avec quelques grandes fentes de dessiccation verticales - Dans le haut, l'horizon gravillonnaire déborde parfois dans cette argile où se produit alors une ségrégation sous forme de petites taches grises et un néoconcrétionnement manganifère ; on trouve également, jusque dans le bas, quelques cailloux de quartz anguleux cependant que l'horizon passe progressivement aux schistes altérés comme s'il en dérivait.

105 - 150 cm : Horizon jaune pâle avec de petites taches jaunes et noires par endroits - Texture argileuse, la schistosité originelle est absolument intacte et l'horizon se débite par plaque, de moins en moins altéré vers le bas.

Le profil est remanié et hétérogène sur une assez grande profondeur - Nous l'interprétons ainsi :

- 0 - 15 cm : Horizon A11
- 15 - 36 cm : Horizon A12
- 36 - 105 cm : Horizon B
- 105 - 150 cm : Horizon C.

L'élargissement de la structure paraît lié ici à la texture de l'horizon superficiel et non à une variation dans la composition minéralogique des argiles. En effet, la capacité d'échange de la fraction argileuse 48 méq pour 100 g est la même que ce qu'on trouve dans bien des vertisols typiques en surface (VL 6, VK 50, VKN 4). Elle passe en profondeur à des valeurs de plus en plus élevées traduisant des teneurs croissantes en argiles montmorillonitiques.

Le pH faiblement acide en surface : 6.1, s'élève progressivement pour devenir alcalin dans le matériau originel. Le complexe absorbant peut être considéré comme saturé sur l'ensemble du profil (taux de saturation de 92 % en surface, dépassant 100 en profondeur). La dominance est calcique dans les bases échangeables, l'influence sodique est négligeable.

Le test de percolation HENIN donne des valeurs moyennes en surface, s'affaiblissant en profondeur, mais restant relativement bonnes par rapport à l'ensemble des vertisols.

L'indice de stabilité structurale assez bon en surface, devient médiocre en profondeur.

En conclusion, si les caractéristiques morphologiques structurales sont médiocres en surface, par contre les caractéristiques analytiques sont moyennes à assez bonnes.

Nous avons lié ici l'élargissement de la structure en surface à une variation texturale, cependant le profil VN 14 montre qu'il n'y a pas de loi dans ce domaine. Son horizon de surface à "texture" argilosableuse (sabloargileux d'après l'analyse granulométrique), possède par endroits une structure polyédrique grossière bien développée, donnant alors un aspect brisé. Il faut remarquer cependant que l'hydromorphie est plus prononcée dans ce profil, et nous avons vu que cette dernière exalte les phénomènes de gonflement et de retrait.

Dans le profil VRN 2, situé à 1.8 Km de Nobéré, sur la route de Nobéré à Pô, le recouvrement superficiel : 0 à 26 cm, est sablo-argileux, sa structure prismatique large assez bien développée par de nombreuses fentes de dessiccation verticales, sa couleur brun gris à l'égard d'une teneur en matière organique faible (0.8 %), son complexe absorbant pratiquement saturé malgré un pH de 6.0, la capacité d'échange de ses argiles de l'ordre de 50 méq pour 100g, en font un matériau à caractères vertiques. Il passe à 26 cm à une argile vertique typique.

Nous rattacherons à cette série le profil VS 14 situé sur la piste de Nyonyogo à Moanega, à 2.5 Km de Nyonyogo (Nord de la Volta blanche), où le recouvrement superficiel 0 - 36 cm est limoneux et engendre une structure prismatique grossière. Il repose sur une argile à tendance verticale qui marque une transition entre les sols bruns entropes et les vertisols.

Nous avons inclus aussi dans les séries à recouvrements de nombreux vertisols peu développés à recouvrements.

e) Série à faibles recouvrements sableux.

Selon que la couleur reste relativement foncée dans les tons bruns à brun-gris, ou qu'elle devient gris clair à beige, le recouvrement garde ou non une tendance verticale à brun entrope.

Profil VY 4

- Situation : Route de Yocéko à Yakala, au Km 9.3. Plaine mollement ondulée. On est ici en position plane au sommet de pente.
- Végétation : Quelques Sclerocarya birrhea, Callotropis procera et un Adansonia digitata - Champ de mil sur buttes.
- Description : L'horizon superficiel brun gris, humifère, sableux peu argileux, un peu gravillonnaire a été enlevé par les cultivateurs et rassemblé sur les buttes.
- 0 - 20 cm : Horizon brun gris foncé H 62 - Humifère - Texture argileuse à argilo-sableuse - Structure prismatique à cubique ou polyédrique grossière à très grossière (avec alers faiblement tendance au brisement) moyennement développée - Cohésion des agrégats très forte - cohésion d'ensemble moyenne - Porosité tubulaire faible.
- 20 - 80 cm : Horizon olive F 83 - Compact - Texture argileuse - Structure en larges plaques très obliques (pendage supérieur à 45°) très patinées et striées ; ces plaques ont à leur surface un réseau de fines fentes de dessiccation dessinant des figures hexagonales ; surstructure prismatique

très large ; les fentes de dessiccation verticales ne sont pas très grandes - Présence de quelques concrétions noires manganésifères.

80 - 160 cm : Gneiss paraissant leucocrate à deux micas à dominance feldspathique, mais avec présence de quartz.

Ici le recouvrement superficiel à tendance brun eutrophe (couleur brun-gris, complexe absorbant saturé à 100 %, pH faiblement acide : 6.5) est peu épais. L'édification des buttes l'a arasé entièrement et on obtient un profil de vertisol typique à structure grossière en surface : le chiffre de 24 % d'argile pour le prélèvement VY 41 est certainement sous-évalué, il porte en effet la capacité d'échange des argiles à 67 méq pour 100g, chiffre que nous n'avons jamais trouvé en surface, surtout pour un profil qui marque une baisse de la teneur en montmorillonite (60 % seulement dans le prélèvement VY 43).

La morphologie de l'horizon B (20-80 cm) est typiquement verticale, si on n'a pas que des fentes de dessiccation verticales relativement fines, par contre, les faces obliques de glissements sont très larges, inclinées à plus de 45°, magnifiquement patinées et striées. La teneur en montmorillonite de la fraction argileuse n'est cependant que de 60 % contre 20 % d'illite et 20 % de kaolinite.

Le pH faiblement acide en surface : 6.5, et dans la moitié supérieure de l'horizon B, ne devient neutre qu'en profondeur.

Dans le profil suivant, le VY 2, les recouvrements sableux plus importants sont encore de type brun eutrophe verticale.

Profil VY 2

Situation : Au Km 6.3 sur la piste de Yoréko à Yakala.
Même situation géomorphologique et topographique que VY 4.

Description :

0 - 13 cm : Horizon brun gris E 62, humifère, texture sableuse très faiblement argileuse, structure non développée (sauf en surface où elle est litée) : débits du piochon par éclats à cohésion faible se réduisant en agrégats particuliers ; porosité uniquement tubulaire faible.

- 13 - 30 cm : Horizon brun foncé, humifère, texture sableuse à sablo-argileuse ; structure peu développée à nette tendance prismatique délimitée par de fines fentes de dessiccation verticales, débits au piochon larges, polyédriques à prismatiques, cohésion forte ; contient des cailloux et de nombreux graviers de quartz, de feldspaths, ces éléments sont bien cimentés dans la terre fine ; porosité essentiellement tubulaire moyenne.
- 30 - 95 cm : Horizon olive F. 83, texture argileuse où l'on sent une trame de sables ; structure tantôt prismatique grossière (15 x 8 x 6 cm environ) à sous-structure prismatique allongée (15 x 4 x 4 environ) avec faces de décollement horizontales ou obliques patinées ou à tendance patinée, tantôt prismatique moyenne à faces obliques bien patinées, donnant même parfois la plaque oblique patinée ; la surstructure est prismatique large délimitée par d'assez grandes fentes de dessiccation (0.5 à 1 cm de large) verticales ; présence de nombreux nodules calcaires, de cailloux de quartz, de plages blanchâtres feldspathiques et quartzes, de quelques concrétions manganifères noires.
- 95 - 150 cm : Horizon d'altération d'un gneiss ou d'un granite orienté à amphiboles, avec apparition dans ce matériau, vers le haut, de faces patinées. Gneiss à schistosité oblique avec des variations de faciès : couches plus ou moins feldspathiques ou quartziques.

Le profil tend vers les vertisols peu développés à cause de sa profondeur assez faible, mais le 3ème horizon est typiquement un horizon B de vertisol par sa couleur, sa texture, sa structure, ses faces de glissement.

La structure prismatique apparaît dans le recouvrement sableux dès que la teneur en argile augmente un peu.

Les recouvrements toujours bruns eutrophes à vertiques peuvent être sableux à sablo-argileux, puis argilosableux (VK 36) ou sablo-argileux (profil VK 24 où les recouvrements atteignent 47 cm).

Dans le profil VRZ 27, le recouvrement sableux peu épais affecté par les phénomènes d'hydromorphie ne semble plus devoir être à tendance brun eutrophe.

Profil VRZ 27

- Situation : Au Km 4.8, sur la piste de Guenon à la Volta Rouge et à Yambassé (départ au ccude de la route de Guenon à Pô).
Milieu d'une pente faible descendant de la zone cuirassée du Km 4.6.
Champ de mil.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon gris clair à taches brun rouille nombreuses, peu humifère, texture sableuse très peu argileuse ; structure prismatique large s'affirmant par de fines fentes de dessiccation verticales ; porosité faible ; repose sur une ligne de dessiccation horizontale bien marquée.
- 15 - 30 cm : Horizon à plages gris foncé (couleur humide) core-rouille, avec de petits cristaux blancs de feldspaths ; texture argileuse, structure prismatique grossière très bien développée, par de belles fentes de dessiccation verticales atteignant 1 cm de large avec des migrations humifères grises sur les faces des prismes, cohésion très forte.
- 30 - 65 cm : Horizon olive pâle à très nombreux cristaux blanchâtres de feldspaths, texture argileuse ; structure prismatique assez grossière aplatie à faces de décollement sub-horizontales magnifiquement patinées et striées avec des migrations humifères grises sur les patines ; quelques belles fentes de dessiccation verticales ; cohésion très forte ; passe progressivement au suivant.
- 65 - 140 cm : Horizon d'altération de granite : feldspaths dominants noyés dans une pâte argileuse avec un réseau de fines fentes de dessiccation ; passe vers le bas au granite friable.

L'hydromorphie très prononcée en surface, sans que nous puissions expliquer les raisons d'une telle intensité, se manifeste par une ségrégation ferrugineuse dans le recouvrement sableux, et aussi dans l'argile verticale du 2ème horizon. Un trait caractéristique de ces vertisols à recouvrements sableux à engorgement superficiel marqué est la ligne de dessiccation horizontale qui marque la discontinuité de caractéristiques

physiques (particulièrement hydriques) entre l'horizon sableux et l'horizon argileux vertique) pouvant isoler ces deux horizons. Nous apercevons dès lors conséquences pratiques sur lesquelles nous reviendrons, à savoir: un engorgement prononcé à l'endroit de la discontinuité pendant la période humide, et une dessiccation plus rapidement complète de l'horizon superficiel pendant les périodes de dessèchement.

Dans le profil VRZ 26, situé au km 6,4 sur la même piste, l'engorgement superficiel s'atténue fortement, l'horizon superficiel: 0 - 13 cm est beige sableux, sans tendance brun eutrophe, on ne retrouve plus morphologiquement marquée la discontinuité précédente.

f) - Série à faibles recouvrements gravillonnaires ou polyphasés - gravillonnaires en profondeur -

Dès le recouvrement atteint une certaine profondeur, ces sols ont typiquement les caractéristiques des sols ^{hydromorphes} à pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions (et taches) sur argile vertique et gravillons. Il n'en diffère, et pour des raisons de cartographie, que par une épaisseur moins grande des recouvrements.

PROFIL V 101 -

Situation : Au km 4,6 sur la route de Bissiga à Zitenga (départ sur la route de Ouaga), à gauche de la route, dans une "plaine" brunâtre en surface à nombreux blocs de cuirasse épars.

Végétation : Jachère très arbustive à repousses de Bauhinia. sp.

Description :

0 - 17 cm: Horizon brun gris, humifère, très gravillonnaire avec de nombreux cailloux de quartz, terre fine argileuse; à certains endroits, l'horizon devient peu gravillonnaire dans le haut et argileux, structure alors prismatique petite et moyenne, moyennement développée, cohésion des agrégats forte.

17 - 31 cm: Horizon brun jaune argileux, à nombreux gravillons ferrugineux; à nombreuses concrétions noires manganifères, structure prismatique moyenne, moyennement développée; cohésion forte.

37 - 80 cm: Horizon olive, argileux, contenant encore des gravillons ferrugineux; à concrétions noires manganifères; structure bien développée, soit prismatique moyenne à faces de décollement subhorizontales magnifiquement patinées, soit en larges plaques patinées.

80 - 160 cm: Roche amphibolitique peu altérée très feuilletée.

Le recouvrement gravillonnaire est peu épais, il a une tendance brun eutrophe, il n'y a pas de phénomène d'hydromorphie bien prononcé. En-dessous, nous avons un vertisol typique.

Dès que le recouvrement devient plus épais, nous passons, comme nous venons de le dire, aux sols hydromorphes auxquels on pourra donc se reporter pour les caractéristiques de ces sols. Nous donnerons à titre d'exemple le profil VRG 5.

PROFIL VRG 5

Situation : Au km 8,0 sur la piste de Saro à Guiaro (départ sur la route de P6 à Koumbélé).
Bas d'une pente gravillonnaire descendant de buttes cuirassées tabulaires à gauche.

Descriptions :

- 0 - 20 cm : Horizon brun gris, humifère sableux peu argileux et gravillonnaire, structure non développée; cohésion moyenne à assez forte.
- 20 - 32 cm : Horizon brun gris, humifère; essentiellement gravillonnaire à gros gravillons ferrugineux; terre fine sableuse peu argileuse ne liant pas les éléments grossiers; quelques concrétions ferromanganifères formées de gravillons soudés par des taches manganifères, plus nombreux par endroits, repose sur le suivant par une ligne de dessiccation horizontale très bien marquée.
- 32 - 105 cm : Horizon brun jaune, argile verticale typique à structure prismatique allongée très bien développée par de nombreuses fentes de dessiccations verticales avec de belles faces de décollement subhorizontales patinées, sous-structure prismatique petite, aplatie, à faces de décollement obliques patinées; par endroits structure en larges plaques obliques magnifiquement patinées luisantes, avec une sur-structure prismatique large; passe progressivement au gneiss en voie d'altération.
- 105 - 154 cm : Gneiss en voie d'altération riche en feldspaths blanchis; les produits noirs altérés ont donné des taches jaune verdâtre.

Nous retrouvons le néoconcrétionnement occasionné ici par la ségrégation manganifère. Les horizons gravillonnaires semblent avoir des caractéristiques en tendance brun eutrophe comme dans le profil VK 5 (page 240).

g) Série peu développée -

Nous avons groupé ici les profils typiquement verticaux, mais à épaisseur assez faible, moins de 50 à 60 cm. Ils comportent la même différenciation que les vertisols bien développés. Nous remarquerons d'ailleurs ici que la

profondeur des ; vertisols des Voltas Blanche et Rouge n'est pas bien grande, en atteint fréquemment le matériau originel et même la roche-mère friable entre 1 m et 1,50 m.

PROFIL VY 42

- Situation : Route de Zabré à Yakalā, au km 11,4 - Village de Zioun.
Large zone plane s'étendant depuis le km 8 et apparaissant sans relief.
- Végétation : Savane parc anthropique à Butyrospermum parkii, avec Parkia bi-globosa, Sterculia setigera, Anogeissus leiocarpus; repousses de Combretum sp., strate herbacée à Andropogon gayanus et Cymbopogon sp.
- Description :
- 0 - 20 cm : Horizon brun rouge foncé avec des plages plus claires et sa- bleuses; paraissant bien humifère; présence d'assez nombreux gravillons ferrugineux; texture argileuse très caillouteux et gravillonnaire par endroits; structure prismatique large assez bien développée, devenant polyédrique grossière à moyenne dans les zones plus gravillonnaires avec alors une bonne porosité d'agrégats; porosité faible par ailleurs; cohésion des prismes très forte.
- 20 - 38 cm : Horizon brun olive F 74; encore humifère; texture argileuse à très nombreux gravillons ferrugineux, presque essentiellement gravillonnaire et caillouteux (cailloux de quartz) par endroits; structure polyédrique grossière assez bien développée devenant prismatique par endroits.
- 38 - 55 cm : Horizon olive F 83; texture argileuse à très nombreux gravillons ferrugineux et cailloux de quartz; structure prismatique grossière à sous-structure prismatique aplatié aboutissant dans le bas à plaquette oblique à patine striée.
- 55 - 120 cm : Gneiss à 2 faciès: l'un à grains grossiers altérés, et l'autre à grains très fins amphibolitique peu ou pas altéré.

Le profil est essentiellement constitué de produits d'apports sur 55 cm, nous avons, malgré les nombreux gravillons, un vertisol typique, comprenant de :

- 0 - 20 cm : un horizon A11
- 20 - 38 cm : un horizon A12
- 38 - 55 cm : un horizon B
- 55 - 120 cm : un horizon D. roche-mère peu ou non altérée.

Le complexe absorbant est saturé essentiellement par Ca^{++} , mais la structure reste du type grossier à large en surface. Le pH est faiblement acide sur toute l'épaisseur du profil (6,5 à 6,3). La montmorillonite y est large-

ment représentée, et devient exclusive en profondeur (100 % de la fraction argileuse).

structurales

Les caractéristiques ~~analytiques~~ / bonnes en surface se dégradent en profondeur où elles deviennent médiocres.

~~en/~~ d'autres Dans le profil HA 1, peu épais par endroits, atteignant ~~en/~~ endroits 70 cm, mais riche en plages blanchâtres de décomposition de la roche, on obtient une structure prismatique à faces patinées très bien développée délimitée parfois par de grandes fentes de dessiccation se transformant en galeries, comme dans le VN 17. Cependant, le Ca^{++} domine très nettement dans les bases échangeables et Na^+ y est négligeable. L'horizon de surface (4 - 27 cm) marque, tout en étant proche de la saturation une certaine désaturation (88 %) se traduisant par un pH plus acide : 5.9.

Le profil HA 7 se réduit à 40 cm, et nous y retrouvons encore la morphologie et la différenciation d'un vertisol typique.

Profil HA 7

Situation : Au Km 3.9 sur la piste de Zabré à Ziou.

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon brun gris, humifère, gravillonnaire par endroits; texture argileuse ; structure polyédrique moyenne très bien développée donnant un aspect brisé, surstructure prismatique.
- 15 - 40 cm : Horizon brun à brun jaune, argileux, à quelques concrétions noires manganifères ; structure prismatique grossière très bien développée à sous-structure prismatique petite, aplatie, tendant à la plaque, à faces de décllement subhorizontales bien patinées, striées.
- 40 et plus : Granite très peu altéré.

Interprétation morphologique :

- 0 - 15 cm : Horizon A.
- 15 - 40 cm : Horizon B. structural.
- 40 et plus : Horizon D.

Le profil est déjà faiblement acide en surface (horizon d'apport remanié), mais il devient neutre en B et alcalin en D, montrant bien la nature basique du milieu de synthèse des argiles. Corrélativement, la capacité d'échange de la fraction argileuse atteint et dépasse 100 méq pour 100g en B et en D, témoignant d'une forte synthèse montmorillonitique. Elle s'abaisse à environ 50 méq pour 100 g en surface et caractérise encore une dominance montmorillonitique.

Le complexe absorbant est saturé, essentiellement à base de Ca^{++} . La stabilité structurale est anormalement élevée en B et corrélative d'une bonne perméabilité. Il est inexplicable qu'elle s'abaisse en surface alors que la perméabilité se maintient.

C.1.2.- Caractéristiques générales des vertisols lithomorphes des Voltas Blanche et Rouge

1°- Conditions de formation

La genèse des vertisols ne paraît pas être discutée. Ces sols sont toujours associés à un milieu riche en cations alcalino-terreux (31). C'est la saturation du milieu en ions Ca^{++} et Mg^{++} qui oriente la néosynthèse argileuse vers la formation d'argiles du type 2/1 du groupe montmorillonite ou interstratifié qui sont les constituants principaux ou même souvent essentiels des vertisols.

En climat semi-humide, tel celui de ces bassins versants, les vertisols sont exclusivement liés à un milieu générateur, saturé en calcium et magnésium, c'est-à-dire calcomagnésien : les pH des matériaux originels s'échelonnent entre 6.7 et 8.0 (la fréquence maximum étant dans la classe 7.8 à 8.2). Le calcium en élevant le pH créerait le milieu indispensable à l'introduction du magnésium entre les feuillets d' Al_2O_3 et de SiO_2 pour amener à la formation de montmorillonite. (R. MAIGNIEN (31))

Ce milieu calcomagnésien a théoriquement deux origines :

- une origine pétrographique : roche-mère riche en bases pour les vertisols lithomorphes,
- une origine topographique pour les vertisols topomorphes (ou hydromorphes dans la classification actuelle) : roche-mère pouvant être acide, l'accumulation des bases ayant lieu par apports latéraux et leur maintien par limitation du drainage interne et externe.

Mais en réalité, et comme le constate R. MAIGNIEN(31), ces deux facteurs sont généralement étroitement liés et il est souvent difficile de faire la part de l'un ou l'autre de ces processus. L'influence de la limitation de drainage grandira à mesure que la roche-mère sera moins basique. Ainsi, dans le cas des Bassins Versants des Volts Blanche et Rouge, les vertisols couvrent les surfaces correspondant aux granites calcalcalins à amphiboles et pyroxènes qui sont des roches acides à intermédiaires. Il est alors certain que le modelé de plaine, mal drainé, a joué un rôle aussi important que la nature de la roche-mère dans la genèse des sols. En effet, la formation des vertisols en climat semi-humide est d'ordinaire l'apanage de roches basiques et ultrabasiques. Lorsque le climat devient moins humide ou la station mal drainée, des roches moins basiques mais susceptibles d'engendrer un milieu alcalin grâce au maintien des produits d'altération, pourront réaliser les conditions de genèse des vertisols.

La diminution de la synthèse montmorillonitique, soit par augmentation de la pluviométrie, soit par amélioration du drainage, soit par **pauvreté** de la roche-mère en bases, aboutit à la formation de sols bruns entrophes : c'est le deuxième processus qui joue sur les schistes amphibolitiques en relief, tandis que le troisième processus joue sur les schistes argileux.

Lorsque le milieu générateur par le jeu des processus précédents devient franchement acide, il n'y a plus que la synthèse kaolinitique, aboutissant à la formation de sols de type ferrugineux tropical à complexe absorbant essentiellement ou exclusivement kaolinitique (nous n'allons pas jusqu'au cas de l'altération ferrallitique qui dépasse le stade de la kaolinite et voit apparaître l'individualisation de l'aluminé). Il est bien reconnu que la synthèse kaolinitique exige l'élimination des bases et un milieu acide. Ainsi, la dynamique des sols ferrugineux tropicaux, dynamique de milieu acide, est liée à la genèse même de leurs matériaux originels. Le matériau originel, c'est-à-dire

d'altération, détermine ainsi le sol.

Il apparaît donc clairement que les vertisols en climat semi-humide sont typiquement des sols calcocromésimorphes. La synthèse d'argiles à fort pouvoir de gonflement corrélatif du maintien des bases, vient renforcer ce dernier processus en créant des conditions de mauvais drainage interne. La définition qui en découle pour les vertisols correspond à celle de la 3ème approximation de la carte d'Afrique au 1/500.000ème avant sa modification en 1963 au Congrès de Lovanium et à celle de P. DUCHAUFOR : "Les sols calcocromésimorphes" (calcocromésimorphes en réalité) "à engorgement au moins temporaire".

Au cours de l'évolution de ce sol formé en milieu basique à neutre, il peut se produire une acidification secondaire en surface, favorisée particulièrement par des conditions d'hydromorphie prononcées. Dans les Bassins Versants des Voltas Blanche et Rouge, les horizons A ont typiquement des pH légèrement acides (population normale ou presque normale de pH dont la fréquence maximum se situe dans la classe 6.2 à 6.6). Une acidification plus prononcée est due à des phénomènes de remaniements et non à une évolution en place. Il faut rappeler en effet que la plupart de nos vertisols sont développés sur des argiles vertiques d'apports et, que tous les horizons de surface sont apportés ou plus ou moins fortement remaniés. Ce sont ces phénomènes de remaniements qui expliqueraient l'acidité de certains horizons B. Ces derniers apparaissent nettement plus abaisés que les horizons A., la fréquence est maximum pour les classes 6.2 à 6.6 ; 6.6 à 7.0 ; et 7.0 à 7.4. Il n'existe pas d'échantillons B à pH inférieur à 6.2.

Dans tous les cas, le complexe absorbant est entièrement saturé ou très proche de la saturation.

2°- Caractères morphologiques

a) Différenciation et couleur.-

Ce sont des sols à profil AC ou ABC de couleur allant du brun olive foncé au brun pâle ou brun olive pâle en profondeur. L'horizon A.1 de l'ordre de 20 à 30 cm est de couleur brun gris à brun gris foncé. Nous n'avons pas trouvé, dans ces Bassins Versants, d'horizon B plus soutenu que le brun olive foncé F 72, par contre, nous en avons trouvé et parmi des B typiques descendant jusqu'à l'olive pâle D 83.

Ces vertisols sont donc, d'une manière générale, relativement clairs.

b) Matière organique

La matière organique peu abondante est répartie, soit de façon progressive en profondeur donnant alors des profils assez peu différenciés, soit dans des horizons A morphologiquement bien individualisés, donnant des profils bien différenciés.

c) La texture

Sauf pour les horizons de surface des vertisols à recouvrements, elle apparaît toujours très argileuse.

d) La structure

En profondeur, elle est typiquement prismatique petite à large ou un dérivé de cette structure : par troncatures plus ou moins obliques sur les arêtes, le prisme primitif passe à un prisme de plus en plus aplati, aboutissant à la plaquette plus ou moins petite parfois tétraédrique ou à la large plaque /^{oblique} . Cependant, on voit apparaître parfois dans un horizon à structure de type prismatique, une structure de type polyédrique moyen plus ou moins développée, coïncidant, dans le cas du VO 3 (décrit par D. AW) avec les zones très calcaires. Ce rôle du calcaire apparaît dans de nombreux horizons de type B (C) où la structure polyédrique lui paraît liée.

Les faces de décollement horizontales ou subhorizontales des prismes et dérivés sont toujours magnifiquement patinées, luisantes et souvent striées, témoignant bien des phénomènes de remaniements internes. Les faces verticales ne présentent presque jamais ces patines brillantes : nous n'avons trouvé qu'un cas d'argile verticale à faces verticales patinées luisantes, mais les faces horizontales et subhorizontales étaient elles aussi patinées, luisantes : profil VG 30. C'est un vertisol sur apports polyphasés sabloargileux en surface (0 - 10 cm) devenant vite argileux (10 - 49 cm), puis gravillonnaire (49 - 67 cm) reposant sur une argile verticale (67 - 118 cm) olive pâle D 82, très argileuse, à structure prismatique allongée grossière très bien développée avec faces verticales et horizontales ou subhorizontales magnifiquement patinées, sous-structure prismatique petite ou en plaquettes obliques à faces patinées, présentant de grandes fentes de dessiccation verticales ; vers le bas, on y trouve des plages feldspathiques ; l'horizon est riche en micas.

L'analyse minéralogique indique une assez forte proportion de kaolinite : 40 %, et surtout d'illites dont certains feuillets

sont nettement gonflants : illites : 50 %, feuilletts gonflants : 10 %. Il ne s'agit donc plus ici de montmorillonite mais d'illites gonflantes en faible proportion mais dans un milieu très hydromorphe.

Ce changement de composition s'accompagne ici d'un changement de morphologie. Mais la patine verticale, même belle, ne semble pas devoir être une caractéristique verticale : dans le profil VRG 16, des apports superficiels reposent à 85 cm sur une argile d'altération de granite, brun jaune très pâle à taches ocre et à taches blanchâtres feldspathiques, à structure prismatique grossière à moyenne très bien développée avec les faces verticales des prismes entièrement patinées, mais les faces horizontales de déclinement ne sont jamais patinées et elles ne sont pas obliques. L'analyse minéralogique de la fraction argileuse indique 100 % de kaolinite très bien cristallisée et de traces d'illite (le pic des illites apparaît cependant très nettement sur les graphiques). Cependant, la capacité d'échange des argiles atteint 30 méq pour 100g. Ce décalage entre la nature minéralogique des argiles et la capacité d'échange n'est pas étonnant dans des horizons d'altération contenant des feldspaths et des limons. On sait que les limons peuvent contenir des "pseudocagrégats", particules ayant la taille d'un limon et constituées, soit de minéraux hydratés intermédiaires entre les minéraux primaires des roches et les argiles (1). L'hydratation de la surface des grains de feldspath peut également donner naissance à une capacité d'échange. On doit donc admettre ici qu'il existe dans la fraction limoneuse, des minéraux illitiques. Mais les illites détectées aux RX ne marquent pas de tendance au gonflement. La patine verticale, même très belle, n'est donc qu'un simple revêtement argileux nullement caractéristique des vertisols, mais traduisant simplement une hydromorphie prononcée avec tendance à la dispersion des argiles : cette tendance à la dispersion se manifeste nettement ici, par un indice d'instabilité structurale élevée (5.57) et une perméabilité nulle ($K = 0$).

Par contre, les faces obliques patinées parfois concoidales, les plaquettes obliques patinées, si elles ne sont pas une caractéristique constante des matériaux montmorillonitiques, sont par contre toujours liées ici à la présence de montmorillonite ou de feuilletts ou d'édifices gonflants (minéraux interstratifiés). Ainsi, même les rares faces obliques de glissement mal patinées que l'on trouve dans certains horizons de profondeur semblent correspondre toujours à la présence de matériaux gonflants : profils VRN 31 (prélèvement 314), VL 17 (prélèvement 173), VG 70 (prélèvement 703), VRZ 1 (prélèvement VRZ 15).

Toutes les déterminations minéralogiques effectuées sur

des horizons à belles patines obliques bien développées indiquent de fortes proportions de montmorillonite :

VK 42 : 80 % ; VL 62 : 80 % ; VL 773 : 90 % ; VN 143 : 70 % ;
VO 33 : 70 % ; VY 153 : 100 % ; VY 423 : 100 % ; VY 783 : 100 % ;
VY 43 : 60 % ; V 743 : 80 % ; avec un pourcentage plus faible dans les vertisols hydromorphes :

VRG 14 : 40 % ; VRY 205 : 30 %.

La patine oblique moyennement développée, soit difficile à dégager ou pas assez belle, ou pas très fréquente, peut correspondre à un taux de montmorillonite relativement faible (VRY 172 : 40 % ; VG 63 : 30 %) ou à une montmorillonite mal cristallisée (VG 63 : 60 %).

Mais dans de nombreux sols classés en sols halomorphes, la dominance montmorillonitique ne s'accompagne d'aucune manifestation de remaniements internes malgré des taux d'argile de l'ordre de 30 %. La présence de montmorillonite n'implique donc pas automatiquement la formation des faces de glissement patinées.

Le développement de la structure en profondeur est variable : généralement très bien développée à bien développée, la structure peut devenir assez peu développée (profil VRN 4).

La structure des horizons de surface est aussi, comme nous l'avons vu, très variable même dans le même profil, mais d'une façon générale, nos vertisols sont du type "self mulching soil" : structure relativement plus fine en surface avec un aspect brisé arrêtant les phénomènes de remontées capillaires d'eau et préservant ainsi les horizons profonds contre une dessiccation trop rapide et trop complète.

e) Cohésion et porosité

La cohésion des agrégats élémentaires est toujours très forte, et leurs arêtes/vives tendent souvent à être tranchantes pour les sacs à échantillon.

Nous n'avons jamais noté en profondeur la présence d'une porosité dans les mottes.

3°- Caractères analytiques des vertisols typiques

a) Matière organique. - (graphique n° 7)

Elle est peu abondante et ne dépasse guère 2 % en surface. Les 2/3 des horizons A11 contiennent moins de 1.4 % de matière organique, tandis que les 2/3 des horizons A12 contiennent moins de 0.8 % de matière organique. Cette matière organique peut-être bien répartie en profondeur (VN 17) ou marquer une chute brutale après l'horizon A1.

Les rapports C/N sont aberrants pour certains échantillons, et nous n'en avons pas tenu compte. Les C/N des horizons A1 forment une première et importante population de valeurs allant de 10 à 14, ce qui indique une matière organique bien évoluée pour des sols non cultivés, et une deuxième population moins importante allant de 16 à 18, indiquant une matière organique moyennement évoluée.

On peut donc considérer d'une manière générale que la matière organique est du type bien évolué.

Malgré cette faible abondance de la matière organique, on lui attribue un rôle dans la coloration du sol qui serait due à des complexes montmorillonite-humus. En effet, l'absorption de certains corps organiques sur les argiles retarderait, ou même arrêterait leur décomposition, et cette propriété plus prononcée dans les argiles du groupe montmorillonitique serait négligeable dans les argiles du groupe kaolinitique (25)

b) Granulométrie (Graphique n° 6)

Il faut faire ici une distinction entre la texture du terrain qui nous sert à définir nos familles et la texture donnée par l'analyse granulométrique. La texture de terrain est la synthèse des actions combinées des différents constituants de la granulométrie.

Ainsi, la texture de terrain fait intervenir beaucoup la plasticité des argiles, leur possibilité de masquer les autres

éléments qui dépend de la finesse de ces derniers et de la plasticité de l'argile. Il est donc normal qu'il y ait un décalage entre ces deux textures.

Les horizons de surface se partagent entre les classes argilosableuses et argileuses, tandis que les horizons de profondeur sont nettement dans la classe argileuse et contiennent approximativement 40 à 55 % d'argile.

c) Dynamique du fer (graphique n° 7)

Le premier stade de la dynamique du fer est son individualisation sous des formes libres. Le rapport fer libre sur fer total mesure donc l'intensité de cette individualisation. Les méthodes d'extraction de fer libre sont variées. Elles admettent comme principe de base que le réseau cristallin des argiles n'est pas dérangé.

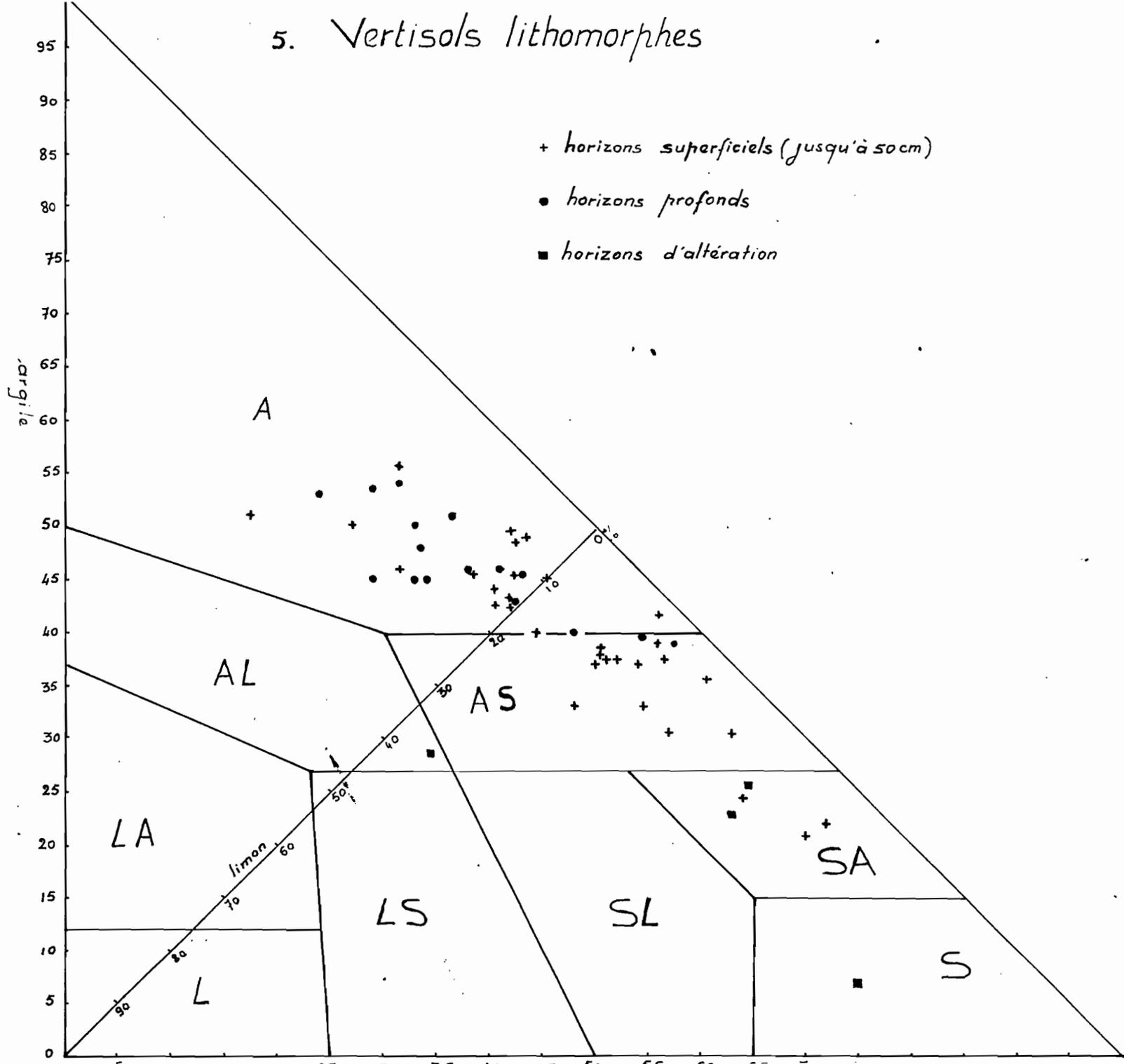
Le rapport fer libre sur fer total est très élevé dans l'ensemble de nos vertisols : les valeurs de ce rapport forment une population normale où la courbe de fréquence est très aigüe et dont la classe moyenne couvre les valeurs 66 à 72 %. Ces valeurs élevées du rapport fer libre sur fer total jointes aux teneurs relativement très élevées en fer surprennent dans des sols à pH faiblement acides ou alcalins, et à engorgement prononcé d'origine pétrographique où les ségrégations ferrugineuses sont très rares. On sait pourtant que le fer tend à s'immobiliser et à précipiter en milieu neutre ou alcalin et que les phénomènes d'hydromorphie par engorgement temporaire exaltent la ségrégation ferrugineuse.

Il faut donc admettre devant ces grandes quantités de fer non précipitées dans ces conditions deux hypothèses :

- Protection par des agents complexants principalement les acides humiques ou anions organiques et la silice.
- Libération du fer du réseau cristallin des argiles par les réactifs employés (suggérée oralement par P. SEGALIN pour le cas de la nontronite).

Le groupe montmorillonitique comporte en effet un terme ferrifère, la nontronite, qui peut aller d'une montmorillonite ferrifère à un terme où Fe^{+3} est le constituant dominant occupant les positions

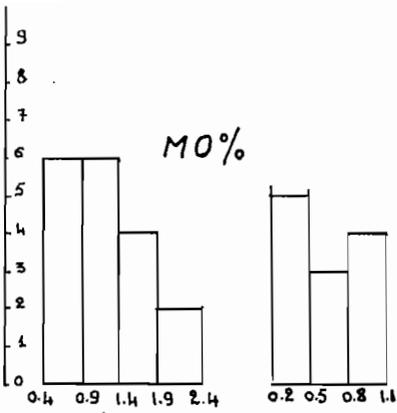
5. Vertisols lithomorphes



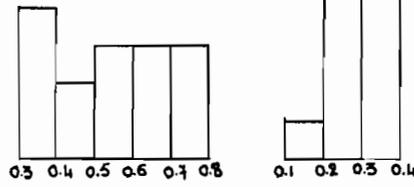
7. Vertisols lithomorphes

Matière organique

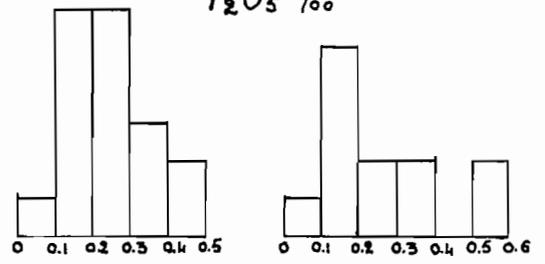
MO%



N%



P₂O₅ %



A11

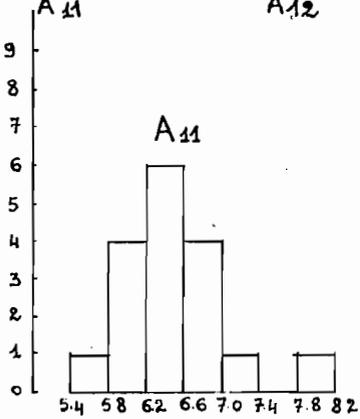
A12

A11

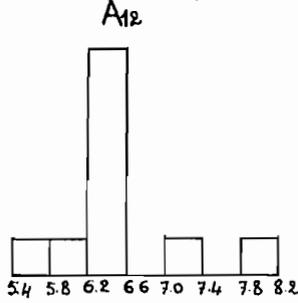
A12

A11

A12

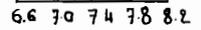
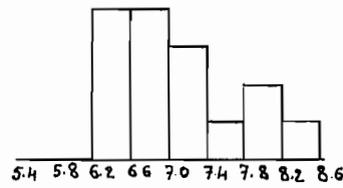


pH



B

C

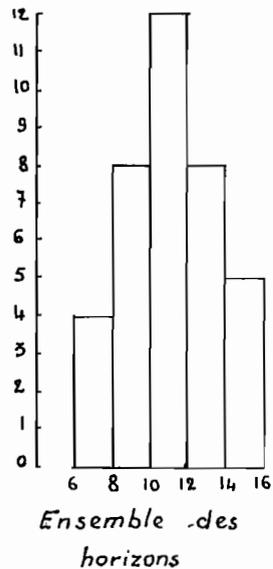
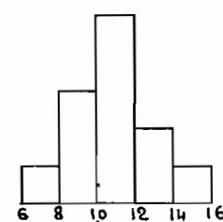
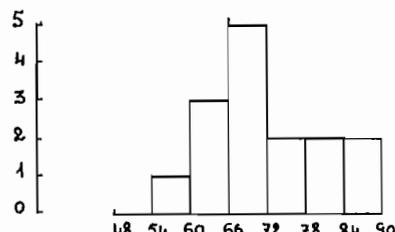
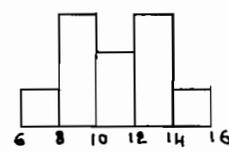
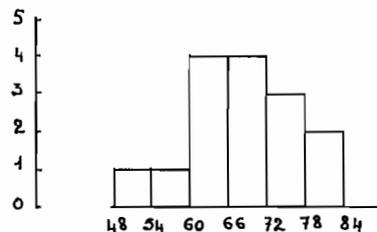
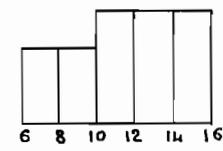
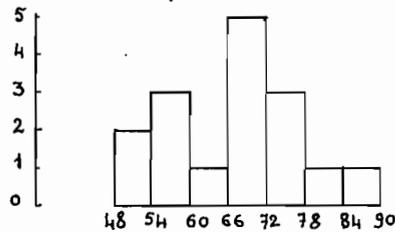
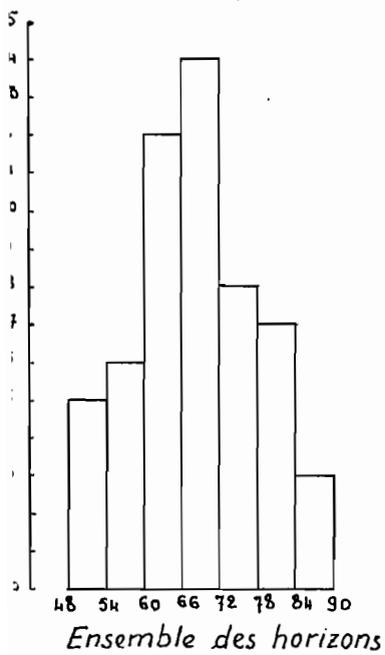


Fer

100 x Fer libre / Fer total

100 x Fer libre / Argile

100 x Fer libre / Fer total



octaédriques dans le réseau cristallin (39).

Alors que la montmorillonite ne contient que 2.68 % de Fe_2O_3 , la nontronite en contiendrait 29.67 % (39). Des essais ont montré que le traitement d'une nontronite par la méthode DEBB - équivalente à la méthode d'HOORE d'après les comparaisons effectuées à HANN par G. ARYAL (2) - libérait des quantités de fer supérieures à d'autres méthodes, mais amenait aussi une diminution très nette de la capacité d'échange (39), probablement consécutive à une altération du réseau cristallin par expurgation du fer de ce réseau.

S'il y avait surtout complexation du fer, la matière organique jouerait certainement un grand rôle et les quantités de fer libre seraient plus élevées en surface qu'en profondeur. Or on ne constate ni variations de quantités de fer libre, ni variations des rapports fer libre sur fer total avec la profondeur, malgré l'alcalinité marquée des horizons B. Il ne s'agit donc pas d'une dynamique normale.

Les rapports fer libre sur argile à distribution de fréquence désordonnée dans les horizons A prennent dans les horizons B une distribution normale avec une courbe de fréquence aigüe et une classe moyenne couvrant les valeurs 10 - 12 %. On retrouve exactement cette même distribution normale en groupant l'ensemble des échantillons de surface et de profondeur. Il apparaît donc nettement que les quantités de fer libre sont étroitement liées aux quantités d'argile. Par ailleurs, le rapport fer libre sur argile présente des valeurs très élevées que l'on ne retrouve même pas dans des horizons d'accumulation d'argile de sols ferrugineux tropicaux. Il est donc très probable que le fer libre provienne du réseau des argiles. C.R. VAN DER MERWE (44) fait les mêmes constatations sur les vertisols d'Afrique du Sud : le fer n'existerait pas ^{sous} forme d'oxydes ou d'hydroxydes mais serait partie intégrante du réseau cristallin.

Nous essayerons ultérieurement de voir l'influence des processus analytiques du fer libre sur la capacité d'échange.

En conclusion, le rapport fer libre sur fer total ne traduit pas ici la dynamique du fer.

d) Le complexe absorbant

d1- Minéralogie du complexe absorbant

Les analyses minéralogiques effectuées sur un assez grand nombre de profils montrent que la montmorillonite est le constituant

principal ou essentiel de la fraction argileuse de nos vertisols lithomorphes typiques (tableau I et graphique n° 8).

Les pourcentages de montmorillonite oscillent en surface (horizons A11) entre 40 et 80 % avec fréquence maximum pour la valeur 70 %. En profondeur (ici horizon B et éventuellement A12), ils oscillent entre 60 et 100 %, avec fréquence maximum élevée pour la valeur : 80 %. Seule la valeur concernant l'échantillon VG 304 est aberrante dans ces distributions. Mais nous avons vu que sa morphologie n'était pas typique.

D'une façon générale, la proportion de montmorillonite augmente en profondeur, les horizons C étant au point de vue relatif les plus riches. Mais cela n'est pas lié à une évolution de la montmorillonite vers la surface, mais comme nous l'avons déjà vu, aux phénomènes de remaniements et d'apports.

Pour les vertisols de transition, on trouve encore d'assez bonnes proportions de montmorillonite mais mal cristallisée : 30 % dans le prélèvement VG 63, avec dominance d'illite : 50 %. Dans le profil VS 15 (transition avec les sols bruns eutrophes), il s'agit d'édifices micacés gonflants en bonne proportion : 40 à 50 %.

Comme nous l'avons vu, cette montmorillonite est en réalité probablement de la nontronite.

d2- Chimisme du complexe absorbant

Ces très fortes proportions de montmorillonite se traduisent par des capacités d'échange des argiles très élevées. Celles des horizons A oscillent entre 40 et 70 méq pour 100g d'argile avec fréquence maximum dans la classe 40 - 50 méq. Celles des horizons A12 oscillent entre les mêmes valeurs, mais la fréquence maximum est dans la classe 50 - 60 méq pour 100g. Les valeurs concernant les horizons B oscillent entre 40 et 80 méq pour 100g, ici elles forment une population normale à courbe de fréquence très aigüe dont la classe moyenne est 60 - 70 méq. Pour les horizons C, les valeurs minima ne descendent plus en-dessous de 90 méq, la fréquence maximum couvre les valeurs 100 méq, et plus de 110 méq pour 100 g.

Ainsi, la capacité d'échange des argiles augmente très nettement des horizons A11 aux horizons C, suivant très probablement la variation des proportions de montmorillonite. Mais, bien que très élevée, elle reste un peu inférieure jusque dans les horizons B à la capacité d'échange théorique de la montmorillonite : 100 méq pour 100 g.

(si on considère que les horizons B contiennent en moyenne 80 % de montmorillonite). Mais la différence n'est pas significative étant données les erreurs qui peuvent affecter les différentes déterminations. On peut donc dire que dans les horizons B, il n'y a pratiquement pas de blocages des positions d'échanges, malgré les fortes proportions de fer libre. On sait que le blocage des positions d'échanges peut être provoqué par la précipitation d'hydroxydes de fer ou par le placage de grands ions organiques sur les surfaces des argiles (40). Il y a donc une forte probabilité pour que le fer libre ne soit pas fixé sur les argiles, mais provienne de leur réseau.

Dans les horizons C, on dépasse la capacité d'échange théorique de la montmorillonite malgré aussi de grandes quantités de fer libre et un rapport fer libre sur fer total élevé. Mais ici, il faut faire intervenir pour expliquer ces fortes valeurs à la capacité d'échange des fractions limoneuses - qui comme on l'a vu peuvent être constituées d'argiles dans les matériaux en voie d'altération -, des feldspaths dont l'hydratation des surface donnerait une certaine capacité d'échange (40).

Les variations de la capacité d'échange de la terre fine suivent assez bien celles des argiles (graphique n° 8) :

- Horizon A11 : 12 à 32 méq pour 100g de terre, avec fréquence maximum dans la classe 17 à 22 méq.
- Horizon A12 : 17 - 32 méq avec fréquence maximum dans la classe 22 - 27 méq pour 100 g de terre.
- Horizon B : 22 à 37 méq pour 100 g de terre avec fréquence maximum dans la classe 22 à 27 méq.
- Horizon C : 22 à plus de 42 méq avec fréquence maximum dans les classes 27 - 32 méq, et 32 à 37 méq.

Rappelons ici l'évolution du pH à travers les profils (graphique n° 7). Le pH oscille entre :

- A11 : de 5.4 à 8.2 avec une distribution normale à courbe de fréquence aigüe - classe moyenne : 6.2 à 6.6.
-

- A12: de 5.4 à 8.2 avec une fréquence maximum extrêmement élevée dans la classe 6.2 à 6.6.
- B : de 6.2 à 8.6 avec un maximum dans les classes couvrant les valeurs 6.2 à 7.4.
- C : de 6.6 à 8.2 avec fréquence maximum dans classe 7.8 à 8.2..

Malgré des pH en moyenne faiblement acides en surface, parfois même acides (5.4), les taux de saturation V sont très élevés indiquant un complexe absorbant entièrement saturé ou très proche de la saturation. Ils oscillent entre 86 % et plus de 100% avec dans tous les horizons une fréquence maximum élevée à très élevée dans la classe des V supérieurs à 100.

Tous les horizons B, (sauf un seul saturé à 73 %) ont des taux de saturation supérieurs à 100.

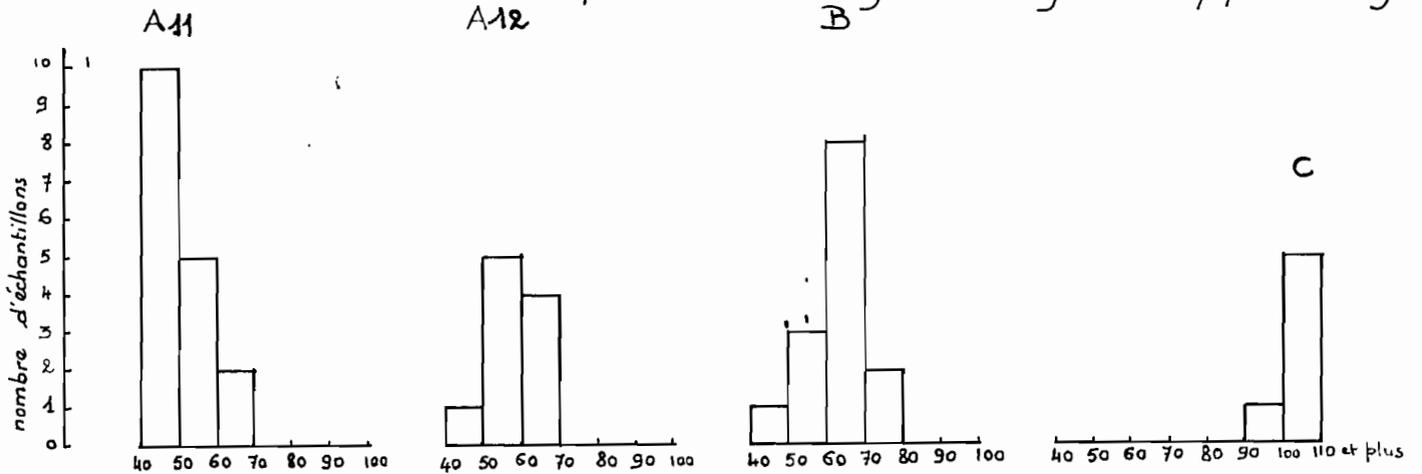
Les capacités d'échange et les bases échangeables ont été déterminées au moins deux fois (pour la capacité d'échange : une fois à l'acétate d'Ammonium et une fois au chlorure de calcium) pour les échantillons à pH inférieur à 6.5, trois fois pour certains échantillons. Nous avons fait tester quelques échantillons au Laboratoire des Sols de Bondy qui a obtenu les mêmes taux de saturation que nous, après détermination des bases échangeables tant par la photométrie de flamme que par la complexométrie.

Cependant, ce sont des terres pauvres en matière organique. On admet pourtant que les sols à pH 7 ont une valeur de V de 60 à 90 %, c'est-à-dire contiennent encore des ions H^+ échangeables (40). Il vient à l'appui de cette hypothèse la valeur élevée dans l'ensemble du pH (différence entre le pH à l'eau et le pH dans une solution de KCl) atteignant le plus souvent une unité pH. Le complexe absorbant contiendrait donc des ions H^+ et ne serait pas entièrement saturé. Il faut voir là l'illustration des relations parfois très lâches entre pH et taux de saturation.

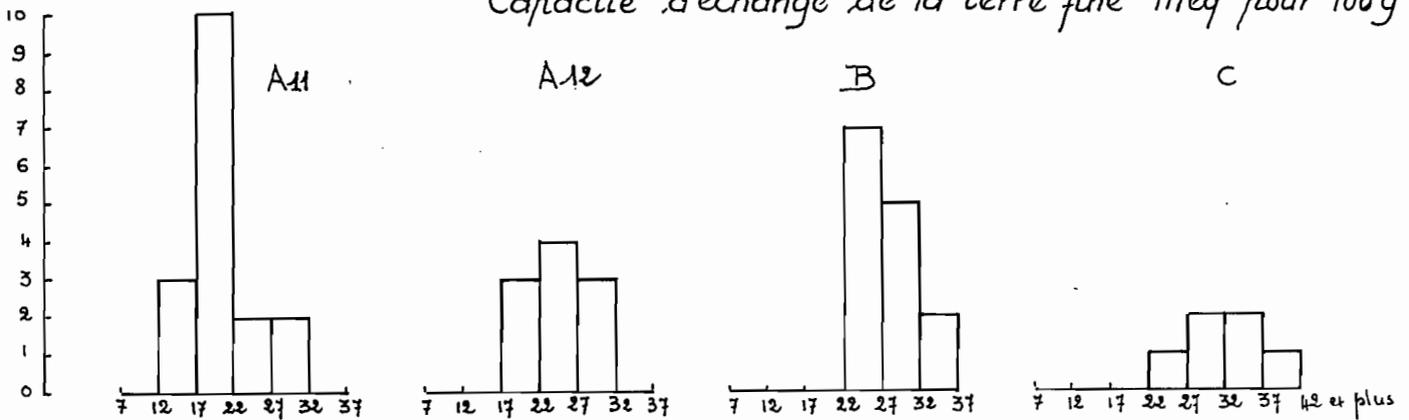
Cependant on considère qu'une montmorillonite à pH 6 est saturée à 80 %, c'est-à-dire très proche de la saturation (14).

8. Vertisols lithomorphes

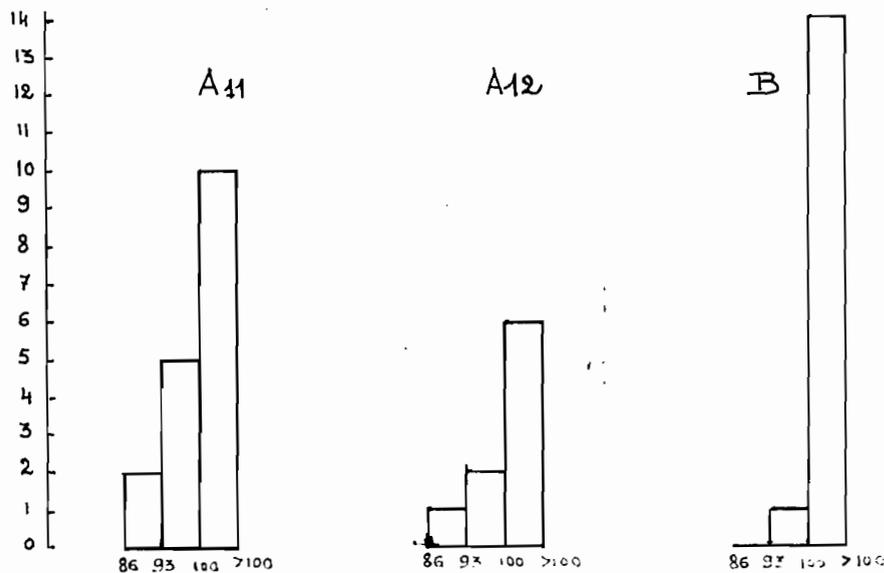
Capacité d'échange des argiles még pour 100 g



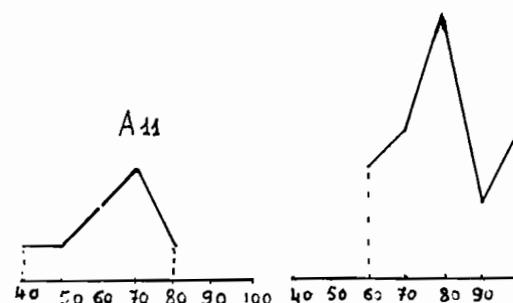
Capacité d'échange de la terre fine még pour 100 g



Saturation du complexe absorbant



Teneur de la fraction argileuse en montmorillonite



COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES ARGILES

DES VERTISOLS

I.- VERTISOLS TYPIQUES ET ARGILES VERTIQUES TYPIQUES.-

Profils	Prélèvements	M Montmorillo- nite	K Kaolinite	I Illites	G Fauillats Gonflants
VL 77	771	60	40		
	773	90	10		
VK 50	501	70	20	10	
	502	80	20		
VK 4	41	50	40	10	
	42	80	10	10	
VL 6	61	40	50	10	
	62	80	20		
	63	90	10		
VL 21	213	80	20		
VN 14	143	70	10	20	
VN 17	172	90	10		
VO 3	32	60	30	10	
	33	70	20	10	
VY 4	43	60	20	20	
VY 15	151	70	30		
	152	100	traces	traces	
	153	100	traces	traces	
VY 78	781	80	20		
	782	60	40		
	783	100	traces		
VY 42	423	100	traces	traces	
VG 30	304		50	40	10

Profils	Prélèvements	M	K	I	G
VRN 4	41	60	40		
	42	70	30		
	43	80	20		
	44	80	20		
V 74	741	70	30		
	742	90	30		
	743	80	20		
	744	100	traces		

II.- VERTISOLS DE TRANSITION MOYENNEMENT TYPES
OU ARGILES VERTIQUES MOYENNEMENT TYPEES.

Profils	Prélèvements	M	K	I	G
VS 15	151		50	10	40
	152		50	10	40
	153		50		50
VG 6	63	30	20	50	

Nous considérerons donc que le complexe absorbant est saturé ou très proche de la saturation.

Nous n'avons pas étudié le rapport Ca/Mg à cause de la présence d'accumulation calcaire dans de nombreux profils. D'une façon générale, le magnésium est très largement représenté dans le complexe absorbant. Quant au sodium, il atteint et dépasse dans un certain nombre de profils les valeurs critiques admises pour une dégradation de la structure. On considère généralement qu'il y a danger de dégradation de la structure quand le Na^+ représente plus de 15 % de la capacité d'échange, limite en fait assez optimiste (24). Il ne faudrait pas, en réalité, dépasser 7.5 % (22). Mais on admet aussi que cet état critique est atteint quand le sol contient plus de 2 à 3 méq de Na^+ échangeable pour 100 g de sol.

Le profil VN 17 atteint dans l'horizon B la valeur de 16 % de Na^+ par rapport à la capacité d'échange, et plus de 23 % dans l'horizon C (B).

Mais nous avons vu que l'influence du sodium sur la structure des vertisols ne se dégageait pas bien ici.

En conclusion, nous avons des sols à complexe absorbant saturés ou presque saturés en calcium et magnésium avec parfois une nette influence sodique.

e) Les caractéristiques structurales

e1- Porosité (Graphique n° 6)

La porosité totale des mottes des horizons de profondeur est faible, en moyenne elle ne dépasse pas 26 à 28 cm³ pour 100 g de terre, la valeur maximale étant ici de 32 cm³ pour 100 g de terre.

La macroporosité, différence entre la porosité totale et l'humidité équivalente, est très faible ou nulle pour les horizons de profondeur : il y a asphyxie totale ou partielle.

Rappelons ici que l'expression de la porosité en cm³ pour 100g peut paraître quelque peu insolite, mais elle est homogène avec l'expression de l'humidité équivalente en g pour 100 g (équivalent à des cm³ pour 100 g) et la seule utilisation de la porosité des mottes qui ne peut être considérée comme la porosité du sol est son rapport avec l'humidité équivalente que VIGNERON et DESANNETTES (45) considèrent comme valable en tant qu'indice de capacité et de risques d'asphyxie.

Par contre, ces caractéristiques s'améliorent beaucoup en surface : de très nombreux horizons A11 et A12 ont une macroporosité moyenne à bonne (asphyxie partielle faible à absence d'asphyxie). Mais nombreux (parmi les horizons A, surtout) sont encore ceux qui ont une macroporosité faible à nulle (asphyxie partielle très prononcée ou asphyxie totale).

Ce caractère de macroporosité très faible sur la plus grande partie du profil est une des caractéristiques actuellement retenues par la classification française dans la définition des Vertisols.

e.2- Tests HENIN : Indice d'instabilité structurale (Is) et coefficient de percolation (K₀) (Graphique n° 9)

Les horizons de surface A11 ont, en moyenne, des caractéristiques analytiques structurales moyennes, tant pour Is que pour K. Cependant, un assez grand nombre se range dans des catégories très médiocres à mauvaises.

Pour les horizons de profondeur (ici A12 et B), c'est le processus inverse. Nous avons deux pôles extrêmes : un à caractéristiques structurales moyennes (K et stabilité structurale) et un à caractéristiques structurales très mauvaises (K nul et stabilité structurale mauvaise), entre ces deux pôles, une majorité d'échantillons à caractéristiques physiques médiocres à mauvaises.

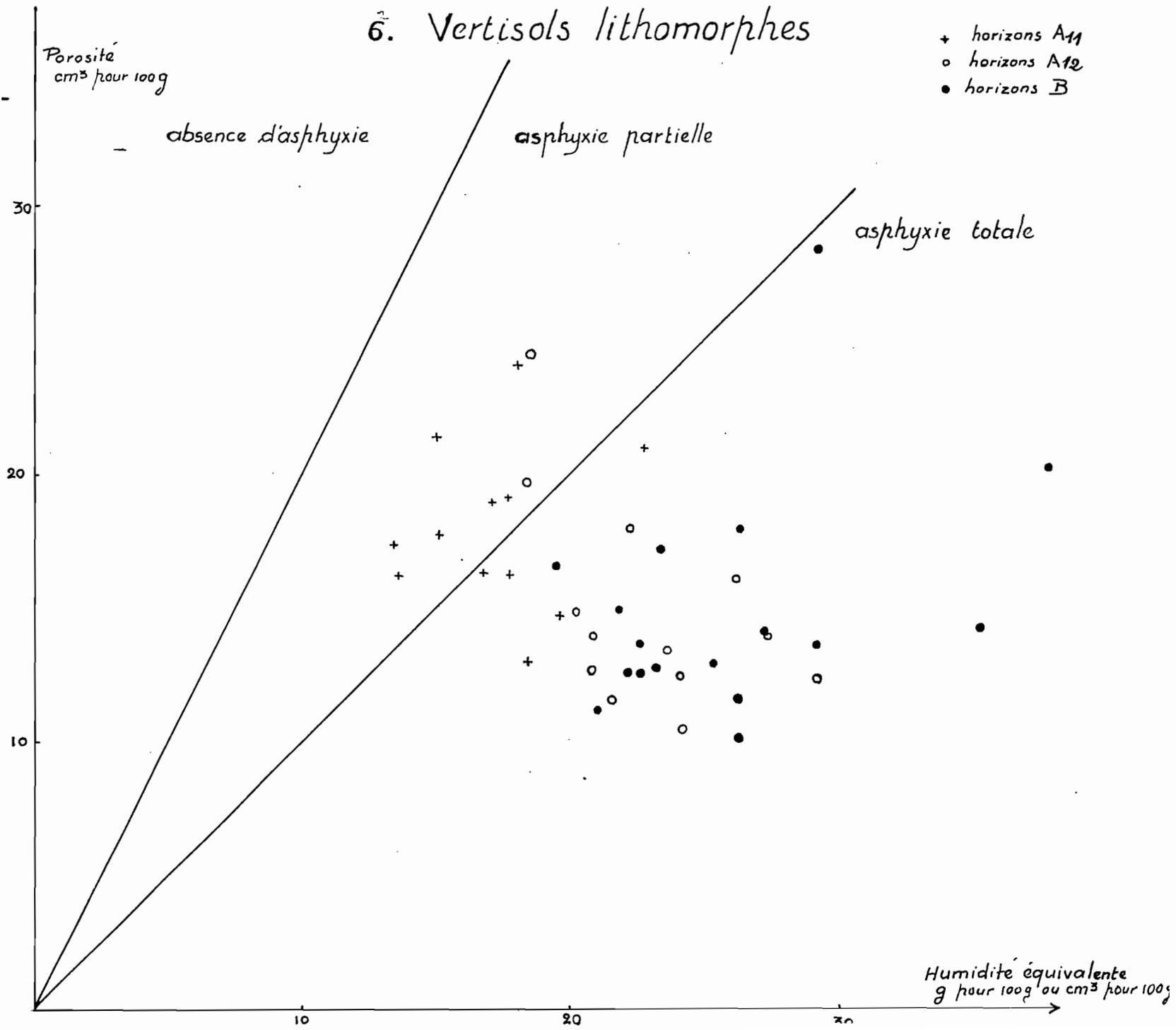
Certains des échantillons de profondeur ont donc exactement le comportement de terre sodique, il s'agit souvent effectivement d'échantillons dépassant le seuil critique de Na⁺ (profils VN 17 ; VK 50 ; VY 15), mais certains, comme dans le profil VRN 4, n'ont que des teneurs en Na⁺ négligeables.

On peut cependant conclure d'une manière générale que l'influence sodique contribue à une forte diminution du coefficient de percolation qui s'abaisse à zéro, mais elle ne semble pas avoir d'influence nette sur l'indice d'instabilité structurale.

f) Les réserves minérales

Les réserves minérales sont très élevées et les bases totales dosées après attaque à l'acide nitrique concentré, représentent souvent plus du double ou du triple de la somme des bases échangeables,

6. Vertisols lithomorphes



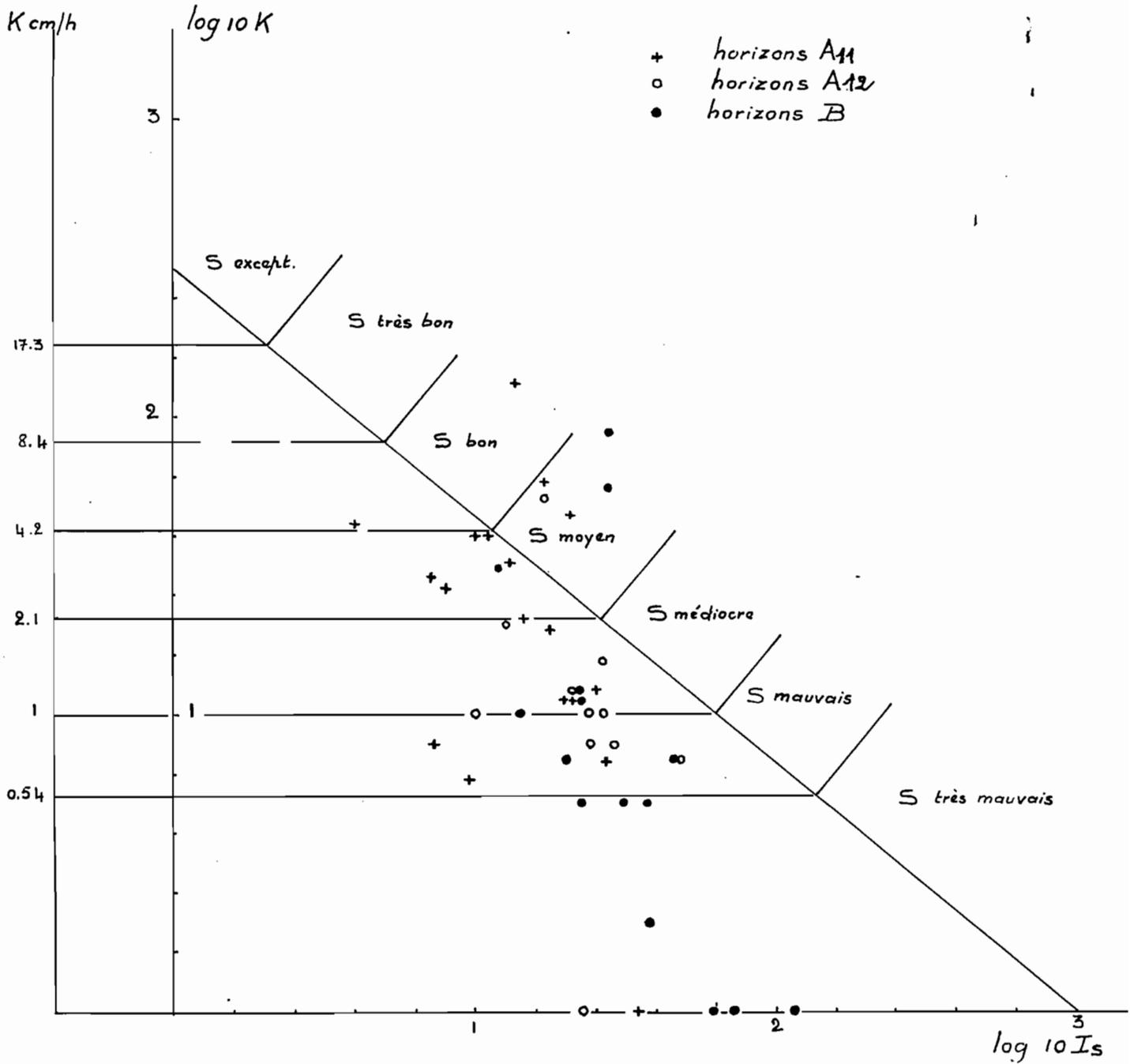
que les profils soient avec ou sans accumulation calcaire. Dans le tableau ci-dessous, le premier chiffre indique les bases échangeables et le deuxième chiffre, les bases totales en méq pour 100 g de terre.

Profils	Prélèvements	Ca	Mg	K	Na	Somme des bases
VN 17	171	27.66	27.00	1.05	7.98 ?	60.15
		27.10	44.15	1.95	0.90	74.10
	172	14.67	21.36	0.48	4.20	40.71
		27.70	52.70	3.70	4.55	88.65
	173	26.10	27.87	0.50	7.98	62.45
92.85		57.85	5.85	11.45	168.00	
VY 78	781	8.80	14.00	0.22	0.51	25.53
		18.55	48.65	2.45	1.10	70.75
	782	13.00	20.45	0.33	0.78	34.56
		20.55	88.80	2.75	0.90	113.00
	783	18.34	18.27	0.35	0.96	37.92
25.35		106.10	3.70	1.30	136.45	
VY 4	41	10.80	11.79	0.20	0.39	23.18
		15.55	19.25	1.95	0.50	37.25
	42	15.93	13.32	0.33	0.67	30.25
		24.95	21.45	3.15	0.75	60.30
	43	20.19	15.03	0.35	0.88	36.45
		28.80	52.65	3.80	3.65	88.90

9. Vertisols lithomorphes

Indice d'instabilité structurale I_s
et perméabilité K

Stabilité structurale S



II.- 4 - LES SOLS A MULL

PLAN D'ETUDE

A.- Définition et principes de la classification.

B.- Sols à mull des pays tropicaux. Sols bruns eutrophes tropicaux.

B.1- Sols bruns eutrophes vertiques

B.1.1.- Etude monographique.

1.- Famille sur argiles d'altération de schistes

- a) Séries bien développées de colmatage des talwegs
- b) Séries bien développées à bon drainage externe
- c) Séries de Guenon
- d) Séries de Bomboré
- e) Séries de la piste Gaonga-Volta Blanche
- f) Séries passant aux vertisols.

2.- Famille sur matériaux argileux dérivés de granito-gneiss

- a) Séries à nodules et concrétions calcaires
- b) Séries sans accumulation calcaire à structure fine en surface
- c) Séries de Wayen (Ouin ou Woin) : bien structurées.
- d) Séries peu développées.

B.1.2.- Caractères généraux.

- 1.- Conditions de formation et évolution
- 2.- Caractères morphologiques
- 3.- Caractères analytiques.

B.2- Sols bruns eutrophes vertiques hydromorphes.

1.- Familles sur matériaux argileux à argilosableux.

A/- DEFINITION ET PRINCIPES DE LA CLASSIFICATION

Le groupe des sols bruns eutrophes, ainsi du reste que la sous-classe des sols à mull des pays tropicaux ou subtropicaux, sont apparus dans la classification française en 1962. C'est donc une sous-classe et un groupe très nouveaux et qui par là-même n'apparaissent pas encore très bien précisés.

Dans la légende de la carte d'Afrique au 1/5.000.000ème (1961), le Service Pédologique Interafricain en donne la définition suivante : Sols minéraux à profils ABC ou ABD à horizon A1 souvent riche en matières organiques, parfois saturé pour plus de 50 % de sa capacité d'échange, à horizon B structural ou textural ; semblent limités à des cendrées volcaniques, à des dépôts alluvionnaires riches en matériaux altérables et à des roches cristallines basiques. Leurs matériaux sont caractérisés par une réserve minérale souvent grande, une fraction argileuse constituée en majeure partie du type 2/1 (surtout illite et mica hydratés) ou d'allophane, la capacité d'échange du complexe minéral est moyenne à élevée et la saturation est supérieure à 50 % dans les horizons B et C, sauf dans le cas de sols riches en allophanes.

Cette définition comme le signale R. MAIGNIEN, est très large. Les éléments de spécification certaine qui y apparaissent sont surtout la relative richesse de ces sols et la composition de la fraction argileuse.

R. MAIGNIEN (32) donne un ensemble de caractéristiques plus précises, moins mitigées, mais aussi très limitatives : sols automorphes se développant sous des climats tropicaux humides et sub-humides et qui se caractérisent par la faible épaisseur de leur profil, une faible individualisation de leurs horizons, une couleur brun foncé, une saturation en bases élevée, une bonne teneur en matière organique et une structure de surface excellente ; dans tous les cas, ils sont en position de bon drainage interne et externe.

Ces définitions nous apparaissent dans notre cas trop restrictives, à un échelon élevé de la classification : ainsi nous pensons qu'il vaudrait probablement mieux ne faire intervenir la structure de l'horizon de surface qu'au niveau du sous-groupe.

Ainsi les sols définis par R. MAIGNIEN appartiendraient à un sous-groupe typique ou modal, ce qui permet la création de autres sous-groupes. Mais comme nous l'avons déjà vu, il semble que le sous-groupe modal soit plutôt le sol Brun eutrophe vertique.

Dans les Bassins Versants des Voltas Blanche et Rouge, nous avons été amenés à définir les sols Bruns eutrophes par les caractères qui les excluent des autres types de sols. Au point de vue minéralogique, les sols de types ferrugineux tropical soumis à l'analyse accusent 100 % de kaolinite, tandis que les Vertisols accusent pour les horizons B 60 à 100 % de montmorillonite. Les sols Bruns, eutrophes se situent ici, et comme l'ont montré H. PAQUET, G. MILLOT et R. MAIGNIEN (36) entre ces deux pôles, mais comme nous l'avons vu, ils restent fondamentalement proche des vertisols.

1.- Caractères distinctifs des sols Bruns eutrophes par rapport aux sols de type ferrugineux tropical.

1.1.- Caractères morphologiques distinctifs

a) La coloration relativement foncée des horizons A ou tout au moins de l'horizon A₁: couleur de type brun foncé (F.64 = brun jaune foncé) non liée à des quantités importantes de matières organiques, alors que nous considérons le sol de type ferrugineux tropical des mêmes régions comme ayant des horizons A de couleur claire, ou en tous cas, une matière organique à faible pouvoir colorant (type ocrique des Américains).

b) La différenciation du profil, progressive ou parfois inexistante, soit dès l'horizon A, soit seulement à partir de l'horizon A₂.

c) L'absence d'horizons A éclaircis ou lessivés (type ocrique des Américains) si caractéristiques des sols ferrugineux tropicaux de ces zones.

d) La structure souvent prismatique, de taille et de développement variable (peu développée à très bien développée) ou polyédrique bien développée, alors que la structure caractéristique des sols ferrugineux tropicaux est le type polyédrique peu développée dans les horizons B argileux et le type fondu dans les horizons A.

e) La rareté d'une ségrégation ferrugineuse nette malgré le mauvais drainage manifeste se traduisant parfois par une ségrégation essentiellement manganifère sous forme de concrétions et malgré aussi des quantités de fer libre et fer total élevées.

f) La tendance fréquente à passer aux vertisols par augmentation du taux de montmorillonite.

1.2.- Caractères analytiques distinctifs

a) Une capacité d'échange relativement élevée de l'ordre de 15 à 20 méq pour 100 g de terre, et parfois plus.

b) Une bonne saturation du complexe absorbant: taux de saturation de l'ordre de 90 % et plus malgré un pH faiblement acide de l'ordre de 6,0, sans variation bien définie à travers le profil. En conclusion, une bonne richesse en bases échangeables qui n'existe pas dans les sols ferrugineux tropicaux de ces zones.

Notons que ce caractère est essentiel parce que faisant partie de la définition même des sols bruns eutrophes.

2.- Caractères distinctifs des sols bruns eutrophes par rapport aux vertisols

2.1.- Caractères morphologiques

a) La couleur qui, tout en restant dans les tons bruns apparaît très nettement rubefiée par rapport aux vertisols, rapprochant les sols bruns eutrophes plutôt des sols ferrugineux tropicaux.

b) La structure qui, bien qu'étant souvent ici de type prismatique comme dans les vertisols, ne présente pas les manifestations de remaniements internes intenses, telles les faces de glissement luisantes et striées, même lorsqu'elle est bien développée. Elle peut-être aussi de type polyédrique (mais souvent à tendance prismatique ou cubique) sur tout le profil, ce qui ^{surtout} se produit peu dans les vertisols où la structure polyédrique est limitée aux horizons A, les horizons B ayant presque une structure prismatique ou dérivée de la structure prismatique; la structure polyédrique lorsqu'elle existe est une sous-structure généralement peu développée.

2.2- Caractères analytiques distinctifs

- a) Une capacité d'échange de cations et une richesse en bases échangeables moins élevées que dans les vertisols (caractère très fréquent et non absolu).
- b) Une moins grande richesse en montmorillonite (caractère très fréquent mais non absolu).
- c) Une porosité plus élevée.
- d) Des caractéristiques analytiques / ^{structurales} : test de percolation et stabilité structurale meilleurs bien que les taux d'argile soient assez comparables.

3.- Autres caractéristiques

Ces sols peuvent se développer en position de bon ou de mauvais drainage externe. Certains profils typiques sont même développés sur des produits de colmatage de talwegs.

Souvent d'épaisseur faible, ils peuvent cependant être parfois relativement (par rapport aux vertisols) bien profonds.

Ils apparaissent comme des sols jeunes (pas plus que nos vertisols cependant), mais sans tendance évolutive sûre vers l'un ou l'autre des deux grands types de sols : Vertisols et sols ferrugineux tropicaux. Ils ne semblent pouvoir passer aux vertisols que par augmentation de la teneur en montmorillonite non constamment liée à la position topographique, mais à une variation du matériau originel. Ce n'est donc pas par simple approfondissement du profil ou par diminution du drainage que l'on passe automatiquement aux vertisols.

La classification française a retenu, pour les sols bruns eutrophes, essentiellement le type d'évolution de la matière organique bien évoluée et liée au calcium d'où leur position dans les sols à mull. Des études de matière organique ont été entreprises par C. THOMANN et feront l'objet d'une publication.

Par ailleurs, la nature argileuse du matériau originel, la proportion encore notable de montmorillonite, en font des sols à mauvais drainage interne d'origine pétrographique qui évolueront difficilement vers les sols ferrugineux tropicaux, même en position de bon drainage interne. Ils semblent devoir être dans les conditions climatiques actuelles, en équilibre, comme les vertisols et les sols ferrugineux tropicaux.

4.- Classification

Nous distinguerons deux sous-groupes dont le plus important est celui des sols bruns eutrophes vertiques auquel nous avons rattaché la presque totalité de nos profils.

Ce terme: vertique, traduit le mauvais drainage interne de ces sols dû à la présence notable de minéraux gonflants (essentiellement de la montmorillonite), mais ces minéraux sont :

- soit en quantités insuffisantes pour amener les importants remaniements internes propres aux Vertisols,
- soit en quantité égale à celle des vertisols (cas très rares), mais dans des profils très particuliers (peu profonds et calcaires).

Cette hydromorphie qui peut être renforcée par un mauvais drainage externe se traduit par :

- une structure souvent du type prismatique comme dans les vertisols ou du type polyédrique à tendance prismatique ou cubique avec des revêtements argileux,
- une ségrégation manganifère sous forme de concrétions.

Le matériau argileux évolué en sols bruns eutrophes, repose souvent sur des matériaux variés qui n'interviendront qu'au niveau de la série, dans la classification.

Ainsi, la différenciation de nos séries, assez hétérogène, est basée sur les variations du matériau originel - que nous n'avons pas voulu pulvériser en plusieurs famille -, et sur les caractéristiques du profil.

B.1.- LES SOLS BRUNS EUTROPHES VERTIQUES

B.1.1 - Etude monographique

1.- Famille sur matériaux argileux dérivés de schistes

a) Séries bien développées de colmatage de talwegs

Profil V 78

Situation : Sur la piste de Korsimoro à Imiyougou, en passant par la Volta Blanche, à 5Km 8 de celle-ci - Dans une zone plane basse (léger talweg).

Végétation : Savane à Butyrospermum Parkii, et à nombreuses repousses de Bauhinia sp., Ziziphus sp., quelques Faidherbia albida et Anogeissus leiocarpus - Quelques fines fentes de dessiccation à la surface du sol.

Description :

- 0 - 10 cm : Horizon brun gris clair à aspect un peu ségréatif paraissant faiblement humifère, horizon cultivé - Texture argilo-limoneuse à limono-argileuse - Structure prismatique grossière bien développée par de fines fentes de dessiccation verticales - Cohésion forte - Porosité ~~uniquement tubulaire~~, bonne.
- 10 - 34 cm : Horizon brun gris (F 62 à E 62), humifère - Texture argilo-limoneuse - Structure prismatique petite à moyenne à tendance polyédrique très grossière, très bien développée à bien développée, aspect brisé par endroits, porosité d'agrégats de saison sèche bien développée.
- 34 - 101 cm : Horizon brun (E 63) encore humifère - Texture argileuse Structure prismatique ^{à l'affleurement} identique à l'horizon précédent bien développée - Porosité ^{d'agrégats bonne, mais} uniquement de saison sèche.
- 101 - 130 cm : Horizon brun (E 63) identique au précédent - Texture argileuse - mais à structure prismatique petite à tendance polyédrique grossière bien développée.

130 - 162 cm : Horizon brun jaune à plages plus jaunes - Texture argileuse - Structure ^{à tendance} prismatique petite à moyenne, polyédrique grossière assez bien à moyennement développée ; structure moins bien définie et moins bien développée.

Interprétation morphologique :

0 - 10 cm : Horizon cultivé et remanié probablement apport récent.
10 - 34 cm : Horizon A11
34 - 101 cm : Horizon A12
101 - 130 cm : Horizon A13
130 - 162 cm : Horizon B

Le profil est ici de type ABC, avec un très fort développement des horizons A passant progressivement à l'horizon B. Il est donc à différenciation très progressive sur une grande profondeur. La structure de type prismatique (petite ici) justifie sa position dans le sous-groupe verticale.

Notons l'absence, jusqu'à 130 cm, de ségrégation ferrugineuse. C'est seulement à la base du profil que commence à apparaître une ségrégation ferrugineuse sous forme de plages plus jaunes.

Malgré la position topographique, l'hydromorphie ne paraît pas très intense dans ce sol.

Au point de vue analytique, la matière organique est bien répartie jusqu'à très grande profondeur (130 cm environ), elle a une tendance hydromorphe se traduisant par un C/N un peu élevé : 14.8 en surface et 13.3 dans l'horizon A12 (34-80 cm), mais elle reste assez bien décomposée surtout si on admet qu'il s'agit peut-être d'un horizon A11 enterré et non touché par la culture.

Le rapport fer libre sur fer total est très élevé (70 - 80 %), les quantités de fer sont fortes et le rapport fer libre sur argile est élevé (14 - 15 %), malgré cela et la position de mauvais drainage, il n'y a pas de ségrégation ferrugineuse jusqu'à grande profondeur.

Le pH ne marque aucune variation dans le profil. Le complexe absorbant faible acide (pH 6.0), apparaît cependant comme saturé en Ca^{++} principalement, et en Mg (V supérieur à 90 %). La richesse en base, de l'ordre de 17 méq pour 100 g de terre, est bonne.

La capacité d'échange de la fraction argileuse, supérieure à 40 méq pour 100g (capacité d'échange maxima des illites) suppose la présence d'argiles montmorillonitiques. L'analyse minéralogique indique à côté d'une kaolinite dominante (60 %) des proportions notables d'illites (20 %) et de montmorillonite (20 %), sans évolution le long du profil, si ce n'est une faible augmentation de la kaolinite aux dépens des illites dans le dernier horizon. Celle-ci n'est pas due à une évolution pédologique qui aurait plutôt augmenté la proportion des argiles du type 2/1 en profondeur, mais à une variation dans le matériau originel.

On voit donc qu'il n'y a pas d'évolution de la fraction argileuse le long du profil et que, par conséquent, ce dernier est en équilibre climatique.

Les caractères ~~structuraux~~ test de perméabilité et stabilité structurale sont franchement mauvais.

La structure peut s'élargir dans ce type de sols en même temps que l'hydromorphie paraît s'intensifier par un aspect ségréatif apparaissant plus haut dans le profil : V 63.

Profil V 63

Situation : Sur la piste de Nougou vers Mané à 12.8 Km de Nougou, au village de Goudri.
Bas de pente à quelques 100 m du talweg.
Aspect brun jaune en surface.

Végétation : Zone de culture.

Description : Horizon brun gris foncé humifère - Texture argilo-limoneuse avec, de 0 à 6 cm, un horizon remanié par la culture, lité à texture limono argileuse - Structure prismatique grossière bien développée par de nombreuses fentes de dessiccation fines et verticales mais bien marquées; par endroits prismatique moyenne à petite - Assez bonne porosité tubulaire.

49 - 115 cm : Horizon brun paraissant humifère - Texture argilo-limoneuse - Aspect ségréatif par plages plus jaunes et moins humifères - On note également la présence de quelques laitiers de forgerons - Structure prismatique large, assez bien développée à moyennement développée - Porosité

uniquement tubulaire assez bonne - Cohésion forte. Cet horizon tranche nettement sur le précédent ; dans le bas et sur un côté, ^{il existe} une couche brun plus foncé à la limite supérieure marquée par une stone line de graviers et de cailloux de quartz : horizon riche en concrétions manganifères à porosité grossière assurée par quelques gros trous.

115 - 160 cm : Horizon brun jaune à nombreuses concrétions manganifères noires - Texture argileuse ; réseau de fentes de dessiccation à tendance hexagonale - Structure prismatique large à tendance polyédrique large assez moyennement développée - Cohésion forte - apports différents contenant de petits cailloux de quartz.

Le profil possède à peu près la même différenciation que précédemment, mais l'horizon A11 est un peu plus tranché sur le 2ème horizon qui peut être considéré comme un horizon A12.

L'hydromorphie plus prononcée se marque par un aspect ségréatif (répartition irrégulière de la matière organique) dans le 2ème horizon, et aussi par une ségrégation manganifère intense sous forme de concrétions dans les horizons A12 et B, et aussi semble-t-il par un élargissement de la structure.

Cependant, les rapports C/N faibles (11.6 dans l'horizon A11 et 10.4 dans l'horizon A12), signalent une matière mieux évoluée que précédemment mais aussi moins abondante malgré la coloration foncée.

Le rapport fer libre sur fer total reste élevé (70 à 80 %) ainsi que les quantités de fer et le rapport fer libre sur argile, mais il n'y a pas de ségrégation ferrugineuse très nette.

Le complexe absorbant, un peu moins acide que précédemment mais restant toujours faiblement acide, présente la même saturation ($V > 90\%$: 94 à 97 % ici).

La capacité d'échange des argiles paraît très élevée (62 méq en A11 et 51 méq en A12), témoigne d'une assez bonne proportion de montmorillonite.

La stabilité structurale est mauvaise comme précédemment, et l'amélioration de la perméabilité se justifie mal.

La présence de laitiers de forgerons en fait un sol relativement jeune.

b) Série bien développée en position de bon drainage externe

PROFIL V 46

Situation : Piste de Korsimoro à Masa - Volta - Mazé, 16,4 km après la Volta Blanche.
Plateau alluvial à termitières brun rougeâtre.

Végétation : Savane arbustive à nombreux Sclerocarya Birrea, Acacia seyal, Zizyphus, Acacia sp., Bauhinia sp., Combretum sp.

Description :

- 0 - 26 cm : Horizon brun gris foncé - Humifère - Texture argilo-sableuse - Structure prismatique large moyennement développée par de nombreuses fentes de dessiccation verticales - Cohésion forte Bonne porosité tubulaire - Par endroits la structure est prismatique petite à nette tendance polyédrique très grossière, moyennement développée avec de nombreuses fentes de dessiccation. *Passage progressif à l'horizon suivant.*
- 26 - 62 cm : Horizon brun foncé, humifère; le précédent étant différent uniquement par sa teinte un peu plus grise - Texture argileuse - Structure par endroits prismatiques, petite à tendance polyédrique grossière, moyennement développée, par endroits c'est la structure prismatique large moins développée - Cohésion forte - Autour des fentes de dessiccation verticales la structure est plus fine, polyédrique grossière et prismatique petite à tendance polyédrique assez bien développée.
- 62 - 97 cm : Horizon brun avec des taches paraissant plus jaune et donnant un aspect ségrégatif - Texture argileuse - peu humifère - Structure du type prismatique large peu développée - Cohésion forte - Tous ces horizons contiennent quelques gravillons ferrugineux.
- 97 - 152 cm : Horizon du type brun jaune argilo gravillonnaire contenant de nombreuses concrétions noires manganifères avec quelques cailloux de granite - Plus tassé dans les 25 derniers centimètres - Cohésion assez forte.

Interprétation morphologique :

- 0 - 26 cm : Horizon A11
26 - 62 cm : Horizon A12
62 - 97 cm : Horizon B (c)

En réalité le 3ème horizon est le matériau originel sur lequel s'est développé le sol, il n'est pas très évolué, l'hydromorphie y provoque un vague aspect ségrégatif.

Le 4ème horizon est un matériau différent où l'hydromorphie provoque la ségrégation mangánifère sous forme de concrétions.

Le profil peut être considéré comme du type A - B (c) avec des horizons A très développés, à différenciation très progressive, à couleur foncée, bien que la quantité de matière organique soit faible (1% dans A11 et 0,6 % dans A12). Ces caractéristiques jointes à la structure prismatique en font un sol brun eutrophe vertique, typique au point de vue morphologique.

Au point de vue analytique, la matière organique est peu abondante et du type bien évolué (rapport C/N faible: 11,6 dans l'horizon A11, 10,4 dans l'horizon A12).

Le pH marque dans le deuxième horizon une baisse qui est due probablement à la variation du matériau originel, et non à l'évolution pédologique typiquement brun eutrophe ici.

Le complexe absorbant est saturé essentiellement par du Ca^{++} dans les horizons 1 et 3, et à pH neutre. Il est ici très proche de la saturation dans l'horizon 2 à pH faiblement acide. La richesse en bases est bonne (14 à 18 méq pour 100 g). La capacité d'échange de la fraction argileuse, élevée (59 méq en A11 et 57 méq en A12), témoigne d'une présence notable de montmorillonite.

Les rapports fer libre sur fer total s'abaissent assez paradoxalement à des valeurs moyennes supérieures à 50 %, qui semblent corrélatives de quantités anormalement élevées de fer total (19 à 24 %) et de fer libre (10 à 12 %), en A11 et A12.

Le test de perméabilité donne en A11 et A12 des valeurs encore faibles mais en nette amélioration par rapport aux profils précédents. Il en est de même en A11 de la stabilité structurale, cependant qu'elle reste mauvaise en A12.

c) Série de Guenon

Bien et finement structurée, moyennement développée, passant assez rapidement aux schistes altérés, cette série se développe sur les reliefs schisteux des environs de Guenon et de Nyonyogo - Moaken, constitués d'amphibolites, de schistes amphibolitiques, ou de roches gabbroïques. Cette série se développe donc souvent en position de bon drainage externe sur des roches basiques. Lorsque le drainage externe est faible ici, on passe fréquemment à des vertisols typiques. C'est la chaîne de sols classiques de la piste boussole 265 grades, partant au Km 6,4 de la piste Guenon - Volta Rouge - Yambassé.

Profil VRZ 31

Situation : Sur la piste boussole 265 grades partant du Km 6,4 de la piste Guenon - Volta rouge - Yambassé.
Profil VRZ 31 au Km 1,3 sur une butte brunâtre, très caillouteuse à affleurements de rochers holomélanocrates (orthoamphiboles) à aspect parfois schisteux, très durs.

Végétation : Jachère sans végétation.

Description :

- 0 - 10 cm : Horizon brun gris, humifère - Texture argileuse, riche en cailloux de quartz - Structure polyédrique petite bien développée donnant une bonne porosité d'agrégats.
- 10 - 40 cm : Horizon hétérogène, ^{tantôt} est composé de cailloux de roche / non altérés ^{tantôt} altérés, avec une terre fine argileuse brune à structure polyédrique fine bien développée avec quelques revêtements argileux.
- 40 - 85 cm : Horizon brun, plus jaune que le précédent, plus hétérogène aussi, ~~constitué~~ de nombreux cailloux et pavés de roche non altérés ou de morceaux altérés et friables et constitué à d'autres endroits de terre fine brune à structure polyédrique grossière se réduisant bien en polyédrique petite, mais moins développée dans l'ensemble que dans l'horizon précédent - Horizon plus lourd également.

Interprétation morphologique :

- 0 - 19 cm : Horizon A11
19 - 40 cm : Horizon A12
40 - 85 cm : Horizon B (C).

Le profil est donc ici du type AC. La structure est ici de type polyédrique fine bien développée et ce sol répond à la définition restrictive: des sols bruns eutrophes donnée par R. MAIGNIEN.

La matière organique, en quantité moyenne, est du type bien évolué et bien réparti dans le profil. Les caractéristiques verticales se manifestent ici par la présence de revêtements argileux sur les agrégats, témoin d'un mauvais drainage interne dû à la nature du matériau originel, puisque le sol possède par ailleurs tous les éléments nécessaires à un bon drainage externe et interne; par ailleurs, le troisième horizon devient déjà plus lourd et à structure plus grossière.

Au point de vue analytique, le pH faiblement acide (6,2) marque une légère remontée en surface (6,4) corrélative semble-t-il d'une meilleure saturation en surface, mais la capacité d'échange du premier horizon, mesurée à l'acétate d' NH_4 paraît sous évaluée par rapport à celle des autres horizons mesurés au Cl_2Ca , si on pense que le taux d'argile reste pratiquement identique et que l'horizon de surface est plus riche en matière organique bien évoluée.

Le complexe absorbant est saturé ou très proche de la saturation. Le taux de saturation : 98 % en surface, se maintient ensuite à 88 %.

Le calcium domine sur le magnésium qui est cependant très bien représenté. Le rapport Ca/Mg est de l'ordre de 1,6, sauf en surface où le

chiffre de magnésium n'appartient pas à la même série de mesures que ceux des deux autres horizons et paraît devoir être très sous évalué.

Le rapport fer libre sur fer total est très élevé (75 à 84 %), les quantités de fer (13 à 15 % de fer total ; et 10 à 12 % de fer libre), les rapports fer libre sur argile (26 à 28 %) sont anormalement élevés et se traduiraient en sol ferrugineux tropical par une ségrégation ferrugineuse intense.

La capacité d'échange des argiles, de l'ordre de 40 méq pour 100g (capacité d'échange maxima des illites) suppose la présence d'argiles montmorillonitiques. L'analyse minéralogique signale à côté d'une kaolinite très dominante (80 %) mais mal cristallisée, une proportion notable (20 %) d'édifices micacés gonflants, également mal cristallisés. Nous discuterons de cette mauvaise cristallisation assez fréquente dans les caractères généraux du sous-groupe. Nous signalerons seulement ici, comme nous l'avons déjà fait pour le profil V 78, qu'il n'y a aucune variation de la fraction argileuse le long du profil, même entre l'horizon superficiel ne contenant plus de débris de roches, et l'horizon B (C) en voie d'altération. Le matériau semble donc être en équilibre climatique.

structurales

Les caractéristiques analytiques/s'améliorent largement dans ce profil. Le test de percolation donne des valeurs qui sont bonnes à très bonnes (34 à 6 cm/heures). La stabilité structurale est moyenne.

Ce profil est très nettement développé sur une altération en place, mais ce type de sol peut aussi se développer sur des apports, le profil peut s'approfondir et l'altération est plus complète :

Profil VRT 3

- Situation : Au Km 6.9 sur la route de Tiébélé à Zicu.
Plaine inclinée vers Tiébélé, dominée à gauche par une ligne de petites collines (cuirasse et pointements de schistes), et par une petite butte à droite.
- Végétation : Zone de culture de mil ; le sol est brun rougeâtre ou brun jaunâtre en surface.
- Description :

- 0 - 17 cm : Horizon brun foncé à brun gris - Humifère - Texture argileuse; contient des petits gravillons ferrugineux arrondis - Structure prismatique grossière moyenne se développant par des fentes de dessiccation; parfois sans sous-structure, la cohésion est alors forte, parfois à sous-structure polyédrique grossière assez bien développée: par endroits la structure est polyédrique grossière assez bien développée à sous-structure polyédrique moyenne et à surstructure prismatique grossière.
- 17 - 32 cm : Horizon brun à taches ocre et à plages jaunes, plus brun et plus humifère par endroits, les taches sont brun-gris brunes ou brun-jaune - Cet horizon est moins humifère que le précédent - La structure est polyédrique moyenne et grossière assez bien développée à surstructure prismatique - La cohésion d'ensemble est alors faible - La texture est argileuse.
- 32 - 85 cm : Horizon brun-jaune vif dans le haut, brun-jaune pâle dans le bas - Texture argileuse avec de très nombreuses petites concrétions noires manganifères - Structure prismatique assez bien développée avec des revêtements argileux sur les faces verticales, parfois sur les faces horizontales - Contient quelques cailloux de quartz émoussés à emplacement très patiné - Apport parfois inexistant, le deuxième horizon reposant directement sur l'altération du schiste à 60 cm.
- 85 - 120 cm : Horizon d'altération de schiste très friable, donnant un produit argilo-limoneux de couleur beige à taches noires avec des poches brun jaune argileuses remontant par endroits jusqu'à 60 cm - Altération de la roche en place.

Interprétation morphologique :

- 0 - 17 cm : Horizon A1
17 - 32 cm : Horizon A2
32 - 85 cm : Horizon B.
85 - 120 cm : Altération de la roche en place qui semble devoir être proche du matériau originel du sol, puisque le produit argileux final, observable par poche, est de type brun-jaune.

Le profil peut donc être considéré comme de type AC (quand l'horizon B n'existe pas), ou ABC.

La tendance verticale s'affirme nettement ici par un élargissement de la structure ou la présence d'une surstructure prismatique. L'élargissement de la structure en surface semble lié à une dégradation consécutive à la culture. Nous le retrouvons dans le profil VRZ 19 (à Guenon). En profondeur (32 à 85 cm), l'hydromorphie d'origine interne, c'est-à-dire pétrographique, s'accroît : ségrégation manganifère sous forme de concrétions, revêtements argileux sur les faces verticales et parfois même sur les faces horizontales, emplacements des éléments grossiers très patinés.

Nous avons typiquement un sol brun eutrophe verticale. Cependant le pH est un peu plus acide en surface (5,8), mais le complexe absorbant reste très proche de la saturation (82 %).

Le rapport fer libre sur fer total, les quantités de fer libre et de fer total, le rapport fer libre sur argile, la capacité d'échange de la fraction argileuse de l'horizon de surface, sont assez identiques à ceux du profil VRZ 31 signalant une évolution identique. Cependant, ici, le matériau d'altération avec un pH faiblement acide, montre une très forte proportion de montmorillonite (70 %) due probablement à la position plus plane de ce sol, et aussi à la nature de la roche.

Dans les profils VS 61, les argiles du type 2/1 essentiellement du groupe montmorillonite, atteignent 50 % de la fraction argileuse, le reste étant constitué de kaolinite: 40 % de montmorillonite, 10 % d'illites et 50 % de kaolinite :

PROFIL VS 60

Situation : Sur la piste de Sawana à Ziga puis Moaken, à 13,6 km de Sawana. Sur un plateau brunâtre à gros cailloux de quartz. Colline de schiste à droite.

Végétation : Savane à Acacia seyal.

Description :

- 0 - 14 cm : Horizon brun foncé, humifère - Texture argileuse - Structure assez peu développée; de 5 à 14 cm, structure prismatique grossière moyennement développée. Cohésion forte au séchage - La couche de 0 à 5 cm semble posée sur la couche suivante, mais elle est humide alors que l'autre est sèche.
- 14 - 35 cm : Horizon brun paraissant humifère - Texture argileuse - Structure polyédrique moyenne et petite à tendance prismatique bien développée - Cohésion d'ensemble faible - Structure parfois plus grossière, prismatique petite à tendance polyédrique grossière se réduisant facilement en polyédrique petite.
- 35 - 110 cm : Lit de gros cailloux et pavés de quartz à emplacement patiné dans une terre fine argileuse avec quelques concrétions manganifères noires.

Les horizons A (0-14 cm et 14-35 cm) sont développées sur un apport argileux reposant sur un matériau très grossier d'apport lui aussi. On retrouve le matériau originel dans le profil VS 61 situé à 1,9 km du VS 60, dans la même zone et identique à ce dernier de 0 à 35 cm, mais où le lit de cailloux de quartz, à base des horizons A, est réduit à 30 cm et repose sur le matériau originel, une altération de schistes, où les nombreuses plages en voie d'altération alternent avec des plages argileuses brunes à structure prismatique petite à tendance polyédrique grossière à moyenne bien développée, parfois même polyédrique petite avec des revêtements argileux. On retrouve dans cette altération le même taux de montmorillonite que dans l'horizon A2 du profil VS 60 : 40 %.

Malgré cette forte proportion de montmorillonite, cet horizon mal drainé (hydromorphie d'origine interne; revêtement argileux) ne marque pas les caractéristiques typiques des vertisols mais seulement une tendance verticale. Il se peut que ce phénomène soit dû au fait que nous sommes dans un matériau en voie d'altération et dans ce cas, parfois à la base de vertisols typiques, on trouve une structure identique. On constate encore qu'il n'y a pas d'évolution de la fraction argileuse à travers le profil et que le matériau paraît être en équilibre climatique.

d) Série du Bomboré : Gravillonnaire ou (et) graveleuse en profondeur.

Cette série développe sur les schistes argileux de la région au Sud de Weotinga, traversée par la rivière Bomboré.

Le paysage est constitué par une plaine où les buttes caillouteuses de quartz introduisent de molles ondulations. Nous sommes donc en position de faible drainage externe, et on note des passages dans les nombreuses petites dépressions aux vertisols typiques.

L'aspect de la surface du sol est brun avec des termitières brunes.

PROFIL VMK 23

Situation : Piste boussole de la Volta-Blanche à Weotinga - km 16,7 - zones planes laternant avec des buttes quartzieuses et des dépressions Vertisols.

Description :

- 0-10 cm : Horizon brun foncé H 32 paraissant bien humifère - Texture argileuse à argilo-limoneuse - Structure à tendance litée - Cohésion faible se réduisant sous les doigts en poussière.
- 10-25 cm : Horizon brun H 62 (brun gris foncé) humifère, paraissant un peu moins humifère que le précédent - argileux - structure polyédrique moyenne et grossière assez bien développée - contient de petits gravillons ferrugineux et quelques cailloux de quartz - cohésion des agrégats forte.
- 25-50 cm : Horizon brun vif - E 56, tranchant nettement sur le précédent par sa couleur; paraît non humifère - texture argileuse à nombreux petits gravillons et quelques concrétions noires - structure polyédrique moyenne à petite assez bien développée - cohésion des agrégats assez forte - cohésion d'ensemble faible.
- 50-73 cm : Horizon de couleur identique au précédent, un peu plus rouge cependant parce que plus riche en gravillons avec de nombreux petits cailloux de quartz - c'est l'horizon de formation des concrétions ferro-manganifères, brun-jaune en surface, à cassures noires formées à partir de morceaux de schistes et de gravillons ferrugineux - Certains gravillons sont libres, tandis que

d'autres sont ressoudés en concrétions ferro-manganifères. A sa base, horizon essentiellement constitué de cailloux de quartz avec des morceaux de schistes imprégnés de manganèse ou de fer et de lin; horizon à cohésion d'ensemble moyenne, frais en cette saison (mois d'Avril).

- 73 - 94 cm : Horizon à couleur identique mais essentiellement constitué de gros cailloux de quartz anguleux avec une terre fine brun vif un peu plus rouge, argileuse - Présence de concrétions noires.
- 94 - 117 cm : Horizon identique au précédent mais constitué d'éléments plus fins donc reproduisant l'horizon 4 essentiellement, constitué de concrétions manganifères et de petits cailloux de quartz.

Interprétation morphologique :

- 0 - 10 cm : Horizon A11
10 - 25 cm : Horizon A12
25 - 50 cm : Horizon B
50 - 117 cm : Matériaux d'apports gravelleux et gravillonnaires mal drainés.

Le profil est bien différencié ici et les horizons A sont bien tranchés sur l'horizon B, mais leur couleur de type brun foncé reste une caractéristique brun eutrophe de même que la structure polyédrique moyenne et grossière assez bien développée dans l'horizon A12

La matière organique en quantité moyenne peut être considérée comme relativement bien évoluée pour un sol vierge (C/N = 17 en surface).

Nous retrouvons les rapports fer libre sur fer total, les quantités fer libre sur argile élevés, sans mouvement du fer.

Le pH faiblement acide en surface, marque une légère baisse dans les horizons A12 et B, cependant que le complexe absorbant apparaît comme presque saturé en surface (94 %) et très proche de la saturation en A12 et B (82 %).

La capacité d'échange de la fraction argileuse s'abaisse de la surface en profondeur, elle implique cependant la présence d'illite ou de montmorillonite, même en profondeur.

La richesse en bases échangeables est bonne, de l'ordre de 17 méq pour 100 g de terre. Elle classe bien ce sol parmi les bruns eutrophes.

Les caractères vertiques s'atténuent fortement dans ce profil, on peut cependant leur rattacher la structure grossière de l'horizon A12

Mais dans ce même groupe de séries, les caractères vertiques peuvent s'affirmer fortement, en même temps que la différenciation est plus progressive:

PROFIL VB 17

- Situation : Au km 25,9 sur la piste de Dasamkandé à la Volta Blanche.
Zone plane à petites termitières brunes.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis, Butyrospermum parkii, Lannea velutina, Combretum glutinosum, Sterculia setigera, strate herbacée à Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 11 cm: Horizon brun gris foncé, humifère; texture argilo-sableuse à sables fins; horizon humide à structure mal définie, polyédrique à nuciforme avec de nombreux agrégats finement grenus; cohésion faible. Cet horizon est humide à cause de la pluie de la veille.
- 11 - 29 cm: Horizon brun gris à brun gris très foncé, paraissant bien humifère; texture argileuse; structure polyédrique moyenne assez bien développée avec polyédres bien anguleux; cohésion des agrégats forte; contient quelques gravillons ferrugineux.
- 29 - 46 cm: Horizon brun foncé H 64, moins humifère; texture argileuse, horizon compact; structure prismatique aplatie à tendance polyédrique avec une nette tendance à produire des faces de décollement patinées; sous-structure polyédrique grossière moyennement développée et devenant par endroits la structure première.
- 46 - 129 cm: Horizon essentiellement constitué de gravillons ferrugineux avec de gros cailloux de quartz, de feldspaths et avec néoformation de concrétions ferromanganifères par soudure par des taches noires manganifères; dans le haut, on a de petits gravillons à pellicule ocre avec de petites concrétions noires manganifères, vers le bas, les gravillons plus gros, irréguliers, à nombreuses apophyses arrondis, ont une pellicule externe brun foncé bien individualisée plus durcie (il peut s'agir cependant de concrétions formées en place dans un horizon gravillonnaire); terre fine, argileuse à taches gris clair et ocre; horizon assez durci, frais en cette saison (mi-Avril).

Nous avons là, sur 46 cm, un profil de sol brun eutrophe verticale assez typique reposant sur un matériau gravillonnaire mal drainé.

Dans le profil VMK 26 (situé sur la même piste boussole que le VMK 23, à 2,8 km de Nabil Lougri = Wéogoenga), des apports superficiels polyphasés (25cm) recouvrent un matériau argileux (25-60 cm) provenant de l'altération de schistes et qui peut être encore rattaché aux bruns eutrophes. Il est brun franc à structure polyédrique moyenne à petite très bien développée avec des concrétions noires manganifères arrondies bien individualisées. A 60 cm, il passe aux schistes altérés. Son pH est faiblement acide (6,1), le taux de saturation est élevé (94 %), la richesse en bases est bonne (15 méq pour 100 g de terre), mais l'analyse minéralogique ne signale plus de montmorillonite, mais 20 % d'illite à côté d'une kaolinite toujours dominante (80 %). Corrélativement, la capacité d'échange des argiles s'abaisse à 28 méq pour 100 g.

e) Série sur matériaux polyphasés argileux, puis gravillonnaires reposant sur altération argileuse brun eutrophe de schistes.

Cette série se développe sur les schistes argileux de la région de la piste Gaongo-Volta Blanche. Paysage assez identique à celui de la série précédente: plaine fortement aplanie où les seuls reliefs sont constitués par quelques petites buttes quartziques. On observe toujours quelques petites dépressions fermées où se développent des vertisols à effondrements et réseau de dépressions. L'aspect de la surface du sol est brun avec des termitières brunes, parfois fendillées.

PROFIL VB 33

- Situation : Au km 18,6 sur la piste de Gaongo, à la Volta Blanche.
Zone plane à termitières brun jaune.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis, Combretum sp. Sterculia setigera, Bauhinia sp., Lanea velutina. Strate herbacée à base d'Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 18 cm : Horizon brun gris foncé, humifère, texture argileuse à argilo-limoneuse; structure variable: tantôt non développée, tantôt polyédrique grossière autour des racines de gayanus; cohésion forte; porosité tubulaire moyenne à faible.
- 18 - 60 cm : Horizon brun gris, moins humifère, argileux; structure polyédrique moyenne et grossière assez moyennement développée: soit se délitant directement au piochon, soit se laissant déduire des plaques que détache le piochon; dans le bas, il devient plus compact à structure polyédrique grossière, à nette tendance prismatique avec de fines fentes de dessiccation; quelques gravillons ferrugineux un peu plus nombreux vers le bas.
- 60 - 89 cm : Horizon hétérogène: 2 couches argilo-gravillonnaires brun jaune compact encadrant une couche essentiellement gravillonnaire sinueuse avec de nombreux gros cailloux de quartz, les gravillons ont une pellicule superficielle ocre.
- 89 - 160 cm : Horizon hétérogène, tantôt constitué d'une argile brun-jaune à structure polyédrique moyenne anguleuse bien développée littéralement truffé de nodules et concrétions calcaires l'emportant sur l'argile, tantôt de schistes altérés intensément truffés de nodules et concrétions calcaires avec pendage encore visible; altération inégale plus ou moins poussée.

Nous retrouvons de 18 à 60 cm les caractéristiques brun eutrophes vertiques: couleur foncée de type brun avec une teneur en matière organique moyenne, structure à tendance prismatique vers la base du 2ème horizon, plus compacte, rapport fer libre sur fer total élevé (68 %), bonne richesse en bases échangeables (14 méq pour 100 g de terre), pH faiblement acide (6,1) tendant nettement à la neutralité en surface: 6,6. Complexe absorbant saturé malgré les pH faiblement acides, capacité d'échange des argile

relativement élevée en profondeur (38 méq) devenant très élevée en surface (50 méq : il faut cependant considérer ce chiffre comme surévalué à cause de la teneur en argile sous évaluée par rapport à l'appréciation de terrain), et supposant la présence de montmorillonite dans la fraction argileuse.

Ici, les matériaux de profondeur présentent eux aussi des caractéristiques brun eutrophes.

Nous pouvons donc considérer que le sol brun eutrophe est épais ici: 0 à 160 cm. L'accumulation calcaire se produit dans le matériau originel et est due probablement à la nature des schistes.

Dans le profil VB 34 assez semblable au VB 33, l'horizon argileux d'altération de schiste (50 - 75 cm) ne contient plus de nodules ni de concrétions calcaires. La structure plus grossière est prismatique petite à tendance polyédrique grossière bien développée avec une sous-structure polyédrique moyenne assez bien développée.

f) Série passant aux vertisols

Cette série groupe l'ensemble des profils marquant le passage des sols brun eutrophes aux vertisols. Elle comprend donc les vertisols de transition.

Le premier profil de référence, le VS 26, est situé dans une large zone plane bordant un talweg^{et} formant légère dépression dans une plaine cuirassée.

PROFIL VS 26

Situation : Sur la piste de Ouaga à Tagalla, à 2,8 km de Ouga.
Dans une zone plane - Au village de Gouli.

Végétation : Savane parc à Faidherbia albida.

Description :

- 0 - 10 cm : Horizon brun humifère, mais le paraissant faiblement - Texture argileuse. Structure prismatique moyenne à tendance polyédrique assez bien développée avec sous structure prismatique plus petite à tendance polyédrique assez bien développée aussi; cohésion des agrégats forte - Horizon cultivé avec en surface une couche stratifiée sous l'action de la culture.
- 10 - 39 cm : Horizon identique au précédent, mais ici la structure est polyédrique grossière à tendance prismatique bien développée - La cohésion d'ensemble est faible; la cohésion des agrégats est moyenne, ils se réduisent sous la pression en polyèdres moyens à petits - Surstructure prismatique large s'affirmant par des fentes de dessiccation verticales bien marquées.
- 39 - 90 cm : Horizon brun identique au précédent, mais plus compact - Structure prismatique petite à face de décollement nette, plane, à tendance patinée. Très souvent même prismatique aplatie, tendant à la plaquette; les faces

dé décollement sont un peu mieux patinées dans le haut (jusqu'à 70 cm environ) ; dans le bas, la structure est polyédrique grossière à tendance prismatique à revêtement argileux, moyennement à assez bien développée, ou prismatique petite à tendance polyédrique grossière.

90 - 136 cm : Horizon brun à nombreuses taches brun jaune - Texture argileuse contenant des petites plages de roches en voie d'altération - Structure polyédrique grossière à tendance prismatique moyennement développée ; les agrégats se réduisent en polyèdres moyens.

Nous avons un profil assez identique au V 78, mais où l'un des horizons, le 3ème, marque très nettement la structure des vertisols qui disparaît cependant dans le bas de l'horizon et ne réapparaît pas dans le 4ème horizon. L'analyse minéralogique signale cependant la même teneur en montmorillonite : 40 %, sur toute l'épaisseur du profil à côté de 10 % d'illite et 50 % de kaolinite. C'est une assez forte proportion de montmorillonite qui aurait dû induire une morphologie plus verticale dans une zone plane un peu dépressionnaire. Mais elle ne réussit ici qu'à induire un vertisol de transition.

La matière organique, de type bien évolué, est bien répartie en profondeur.

Le rapport fer libre sur fer total, les quantités de fer libre et de fer total, le rapport fer libre sur argile, sont élevés mais il n'y a tendance à la ségrégation ferrugineuse que dans le dernier horizon.

La somme des bases, de l'ordre de 24 méq pour 100 g, est très élevée et atteint celle des vertisols typiques, mais elle ne dépasse pas celle de certains sols bruns entrophes typiques tels le VS 60 et le VS 61.

Le pH est sensiblement le même que dans l'ensemble des autres profils : faiblement acide tout le long du profil.

Les caractéristiques ^{structurales} analytiques sont assez identiques à celles du profil V 78.

Dans le profil VS 15, on retrouve une proportion identique de montmorillonite (40 %) et d'illite (10 %), mais les édifices micacés sont eux-mêmes gonflants dans le dernier horizon. C'est peut être à cette augmentation de la proportion d'édifices gonflants, même mal cristallisés comme c'est le cas, que l'on doit le passage à un faciès plus verticale que dans le profil précédent :

Profil VS 15

Situation : Sur la piste de Nycnyogo vers Moanéga, à 1.4 Km de Nyonyogo.
Sur une faible pente de 1 % environ.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum parkii, Lannea velutina, Strate arbustive à Acacia seyal, Ziziphus sp., Bauhinia sp.

Description :

- 0 - 32 cm : Horizon brun gris foncé, humifère - Texture argileuse - Structure prismatique grossière très bien développée parfois à sous-structure prismatique moyenne ; par endroits, structure prismatique petite à moyenne très bien développée, avec alors un aspect brisé ; de très nombreuses fines fentes de dessiccation - Cohésion forte.
- 32 - 60 cm : Horizon brun humifère mais à taches brun jaune non humifères - Texture argileuse - Structure prismatique moyenne à petite assez moyennement développée à assez peu développée selon les endroits avec quelques faces de décollement patinées - Argile à tendance verticale - Cohésion très forte - Réseau de fentes de dessiccation plus fines - contient des gravillons ferrugineux.
- 60 - 100 cm : Horizon brun jaune à aspect tacheté : taches grisâtres et brun jaune - Structure en plaquettes obliques difficiles à dégager et patinées - Horizon très durci à cohésion très forte - Quelques concrétions mangari-fères - Par endroit, on dégage une structure prismatique petite à moyenne à faces patinées obliques assez bien développée.

La seule manifestation des phénomènes de remaniements internes est la structure en plaquettes obliques patinées. Les fentes de dessiccation sont assez bien développées, mais elles sont fines. Le profil réalise le passage d'un sol type VS 26 aux vertisols typiques. Certaines caractéristiques rappellent encore les sols bruns eutrophes particulièrement le pH faiblement acide en surface (6.1) et restant acide en profondeur (5.5 environ), s'abaissant même au-dessous des valeurs trouvées en sols brun eutrophes. Cependant, le taux de saturation, même en profondeur (85 à 88 %) indique un complexe absorbant très proche de la saturation.

Le profil suivant, le V 64, donne un exemple où la superposition d'un sol brun eutrophe sur une argile vertique donne un profil qui peut être typiquement un vertisol, mais que nous avons considéré ici comme sol brun eutrophe reposant sur un argile vertique.

PROFIL V 64

Situation : Sur la piste de Nougou vers Mané à 15.3 km de Nougou.
Haut de pente, brun rougeâtre; puis zone plane dominée par une colline schisteuse.

Aspect de la surface du sol : Zone de culture, en jachère, végétation herbacée uniquement.

Description :

- 0 - 47 cm : Horizon brun foncé - Humifère - Texture argileuse à argilo-limoneuse - Structure prismatique petite à tendance polyédrique très grossière assez bien développée en général, à bien ou très bien développée par endroits avec un aspect brisé et une surstructure prismatique large - Cet horizon contient aussi quelques gravillons ferrugineux - Cohésion des agrégats forte - Cet horizon repose par endroits sur un lit de pavé de quartz.
- 47 - 68 cm : Horizon brun jaune ne paraissant pas bien humifère - Texture argileuse Structure prismatique petite à tendance polyédrique assez bien développée avec dans le bas des faces de décollement conoïdales presque patinées - Cohésion des agrégats forte - Quelques concrétions manganifères noires.
- 68 - 84 cm : Lit argilo-gravillonnaire et à petits cailloux de quartz - Structure polyédrique moyenne à petite moyennement développée - Nombreuses concrétions noires manganifères. Horizon inexistant par endroits.
- 84 - 115 cm : Argile de type brun jaune clair devenant en profondeur à taches brun et gris blanchâtre et à nombreuses fines concrétions noires manganifères - Structure prismatique moyenne à petite et même en plaquettes à belles faces patinées obliques assez bien développée - Argile vertique typique qui peut se présenter dès 60 cm dans le profil.

De 0 à 68 cm, nous avons un sol brun eutrophe vertique typique :

- Matière organique relativement peu abondante, bien évoluée et bien répartie le long du profil,
- Rapport fer libre sur fer total, quantités de fer libre et fer total, rapports fer libre sur argile, élevés.
- pH faiblement acide sur l'ensemble du profil.
- Complexe absorbant très proche de la saturation.
- Somme des bases échangeables élevée.
- Fraction argileuse constituée de 50 % d'argiles du type 2/1, dont 30 % de montmorillonite et 20 % de talc dans le 2ème horizon, 40 % de montmorillonite et 10 % d'illite avec seulement des traces de talc dans le 1er horizon.

Il s'agit de produits d'apport et on ne peut rien tirer de la présence de talc en profondeur et de son absence en surface.

2° - Famille sur matériaux argileux dérivés de gneiss à amphiboles -

Cette famille a une très faible importance au point de vue cartographie, mais au point de vue évolution pédologique, elle correspond à des profils bien typés, à structure fine et bien développée en surface, telle que le conçoit leur définition par R. MAIGNIEN (32).

a) Série à nodules et concrétions calcaires

Cette série à faible extension a été trouvée au pied de la butte tabulaire Kikiri sur des granites orientés ou des gneiss à amphiboles.

PROFIL VB 23

Situation : Sur la piste de Bissiri-Dasamkandé, vers la Volta blanche, à 14 km de Bissiri - Dans une zone plane à termitières brun jaune et à affleurements de granite.

Végétation : Savane à Butyrospermum Parkii.

Description :

- 0 - 13 cm : Horizon brun olive, humifère - Texture argileuse - Structure nuciforme et finement grenue - Cohésion faible parce que humide - Bonne porosité.
- 13 - 32 cm : Horizon brun mais à très nombreux nodules et concrétions calcaires blanchâtres - Structure polyédrique grossière et moyenne bien développée - horizon littéralement truffé de calcaire.

32 - 60 cm : Horizon presque essentiellement constitué de nodules et concrétions calcaires entièrement blanchâtre - Structure polyédrique moyenne bien développée - Texture argileuse.

60 - 136 cm : Horizon constitué par le granite orienté à amphibole, peu altéré, alternant avec des poches argileuses olive foncé - L'ensemble est truffé de nodules et plages calcaires blanchâtres.

La forte accumulation calcaire est imputable surtout à la nature du matériau originel, jointe probablement à l'hydromorphie.

Nous retrouvons ici la couleur brun olive des vertisols, l'analyse minéralogique indique, en effet, 100 % de montmorillonite dans la fraction argileuse et seulement des traces de kaolinite, corrélativement, la capacité d'échange des argiles voisine 100 méq pour 100 g dans le deuxième horizon (94 méq pour 100 g), et dépasse ce chiffre dans le 1er horizon (127 méq pour 100 g: chiffre peut-être un peu trop fort cependant, la teneur en argile pouvant être un peu sous-évaluée).

Malgré cette proportion de montmorillonite, la position topographique plane du profil, c'est-à-dire de mauvais drainage externe, la proportion d'argile + Limon assez élevée (37 % dans le premier horizon, 53 % dans le deuxième horizon), la structure très fine en surface ne s'élargit pas beaucoup en profondeur où elle reste polyédrique grossière et moyenne dans le deuxième horizon, et même polyédrique moyenne dans le troisième horizon. Cet affinement de la structuration est très probablement imputable à la forte proportion de calcaire, mais il contribue à faire de ce sol un brun eutrophe typique.

Ce profil montre que les sols bruns eutrophes, même à structure fine, ne se développent pas toujours en position de bon drainage externe et que la position de mauvais drainage externe ne donne pas obligatoirement un vertisol. Nous avons vu des vertisols typiques mais peu développés sur des profils moins profonds que celui-ci (voir profil HA 7, page 110). Par ailleurs, il montre que les sols bruns eutrophes n'ont pas toujours une altération intermédiaire entre l'altération kaolinitique et l'altération montmorillonitique.

L'accumulation calcaire se produit jusqu'en surface: 1,4 % de calcaire total dans l'horizon 1, dans le 2ème horizon, on atteint 10,40 % de CO_3Ca dans la terre fine; corrélativement, les pH sont très élevés (7,8 à 7,9).

Les caractéristiques physiques, test de perméabilité et stabilité structurale sont très bonnes dans le 2ème horizon, tandis que la perméabilité reste bonne dans le 1er horizon, la stabilité structurale n'est plus que moyenne.

b) - Série sans accumulation calcaire à structure fine en surface.

PROFIL VY 9

Situation : Au km 15,6, sur la piste de Yoroko à Yakala.
Entaille par un ravin d'une large butte lithosolique à affleurements de schistes et de gneiss à amphiboles.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum parkii, Champ de mil.

Description :

- 0 - 20 cm: Horizon brun gris foncé H 62, très caillouteux - bien humifère - argilo-limoneux - structure polyédrique fine à tendance grumeleuse bien développée - cohésion des agrégats faible - très bonne porosité - horizon irrégulier reposant par endroits directement sur la roche.
- 20 - 54 cm: Horizon olive F 83, encore humifère - texture argileuse - structure polyédrique grossière à tendance prismatique bien développée; riche en mica à reflet doré - aspect un peu brisé car la structure est bien développée - Nombreux cailloux par endroits.
- 54 - 70 cm: Horizon olive pâle D 82 à nombreux points blancs feldspathiques argilo-sableux - Même structure que précédemment, mais plus grossière - cohésion d'ensemble faible - cohésion des agrégats forte.

Nous avons un sol brun eutrophe typique à horizon de surface brun foncé, à structure fine très bien développée de type polyédrique fine à tendance grumeleuse, assez riche en matière organique: 3,34 %, très riche en bases échangeables: 22 méq pour 100 g (teneur identique à celle des vertisols), pH à tendance neutre (6.5), complexe absorbant à forte capacité d'échange entièrement saturé essentiellement à base de calcium à caractéristiques physiques (perméabilité et stabilité structurale) très bonnes.

Le profil est cependant nettement différencié en un horizon A11 (0-20 cm), un horizon A12 (20-54 cm) et un horizon C (B).

Les horizons A12 et C (B) soumis à un engorgement temporaire ont une structure polyédrique grossière à tendance prismatique bien développée qui classe bien ce sol dans les bruns eutrophes vertiques.

La capacité d'échange des argiles moyennes en surface, (33 méq pour 100 g) est élevée en profondeur (55 méq pour 100 g) et suppose la présence de quantités importantes d'argiles montmorillonitiques. L'analyse minéralogique indique ici, dans l'horizon A12, un ensemble de minéraux tous mal cristallisés où l'on reconnaît de la montmorillonite, de l'illite et de la kaolinite, sans qu'il soit possible de faire une estimation quantitative. C'est là, très probablement, un caractère de jeunesse.

c) - Série de WAYEN (WOIN): forte tendance vertique, bien structurée.

PROFIL VL 24

Situation : Sur la route de Ouagadougou à Koupéla, devant le village de Wayen, à droite de la route.

Végétation : Savane parc antropique typique à Butyrospermum parkii, avec ici des repousses de Dichrostachys glomerata et Ziziphus sp. Champ de mil.

Description :

- 0 - 57 cm: Horizon brun foncé à nuance violacée, paraissant bien humifère - Plus

: rougeâtre vers le haut - Texture nettement argileuse - Aspect brisé
Structure polyédrique grossière bien développée - Cohésion des agrégats forte - Porosité tubulaire moyenne.

57 - 90 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire avec des cailloux de quartz; couleur d'ensemble rougeâtre avec des taches jaunes - Formation de grosses concrétions irrégulières très durcies en voie de cimentation - horizon moyennement durci d'où les concrétions se libèrent en se cassant au piochon.

90 - 110 cm : Horizon constitué des mêmes éléments et de même couleur, mais évolué en carapace à cuirasse ferrugineuse moyennement induré.

Nous avons ici un sol complexe, dont la partie supérieure argileuse est typiquement brun eutrophe et la partie inférieure gravillonnaire, hydromorphe. Dans la partie argileuse, il n'y a pas de différenciation du profil. L'horizon A1, unique, va de 0 à 57 cm.

La couleur brun foncé de cet horizon A1, cependant pas très riche en matière organique, la structure polyédrique grossière bien développée, la cohésion des agrégats forte, sont typiquement des caractéristiques bruns eutrophes vertiques.

La matière organique est très bien répartie de 0 à 57 cm et même ensuite dans l'horizon gravillonnaire. Le C/N relativement élevé en surface, marque probablement une tendance hydromorphe.

Le rapport fer libre sur fer total est très élevé, de l'ordre de 80 %, les quantités de fer ainsi que le rapport fer libre sur argile sont élevés.

Le complexe absorbant est saturé ou très proche de la saturation (85 à 95%) malgré les pH à la limite des faiblement acides (5.9). Le calcium y domine assez largement sur le magnésium.

La capacité d'échange de la fraction argileuse est assez élevée (49 et 43 méq pour 100 g), et corrélative de la présence d'argiles du type 2/1 représentant ici 50 % de la fraction argileuse et constituées d'un ensemble illite - feuilletts gonflants (édifices micacés gonflants).

Au point de vue caractéristiques ^{structurales} analytiques, le test de perméabilité donne des valeurs assez moyennes: 1,6 à 1,8 cm/heure, tandis que la stabilité structurale reste mauvaise.

d) - Série peu développée

PROFIL V 67

Situation : A droite, sur la piste carrossable de Nougou à Mané, à 24,4 km de Nougou.
Zone plane à pente d'environ 1 % dominée à gauche par une petite colline tabulaire cuirassée. - Champ de mil.

Description :

- 0 - 27 cm : Horizon brun foncé, humifère ; texture argileuse ; contient de petits cristaux de feldspaths et des morceaux de granite en voie d'altération ; structure polyédrique grossière à moyenne à tendance prismatique bien développée à très bien développée, avec un aspect nettement brisé. En surface, on observe de nombreux gros gravillons ferrugineux sur 6 cm environ.
- 27 - 160 cm : Granite friable en voie d'altération.

Le profil très peu épais ici est de type A1C. L'horizon A1 à toutes les caractéristiques morphologiques et analytiques d'un horizon superficiel de sol brun eutrophe vertique.

L'analyse minéralogique indique une très forte proportion de montmorillonite bien cristallisée (60 %). L'approfondissement de ce sol aboutira très probablement à la formation d'un vertisol typique. Nous avons donc ici un sol jeune qui serait en réalité à classer dans les rankers à mull ou dans les sols bruns eutrophes jeunes. Nous l'avons maintenu ici dans une série peu développée étant donnée la profondeur souvent faible dans l'ensemble des sols bruns eutrophes, et même des vertisols.

B.1.2- CARACTERES GENERAUX

1.- Conditions de formation et évolution

Les sols bruns eutrophes vertiques par leurs caractéristiques fondamentales à savoir :

- bonne richesse en bases exigeant en conséquence une bonne capacité d'échange et une bonne saturation du complexe absorbant,
- des horizons A à couleur de type brun, foncée à l'égard d'un taux de matière organique moyen,

apparaissent doivent être des sols à fraction argileuse constituée pour une proportion encore notable d'argiles du type 2/1 : montmorillonite et illite.

La kaolinite à faible capacité d'échange peut en effet assurer difficilement seule une bonne richesse en bases échangeables.

Par ailleurs, la couleur relativement foncée est due probablement à la formation de complexes argilo-organiques, et on sait que ce phénomène très développé pour les argiles du groupe montmorillonitique est négligeable pour la kaolinite (25).

Une bonne illustration de ce phénomène nous est donnée par la comparaison de 2 profils : le V72 et V 50, situés tous les deux sur la piste de Mané à Korsimoro, dans la même situation topographique : zone plane à affleurements de cuirasse par blocs ennoyés, et distants de 8.6 Km seulement.

Profil V 50

Situation : Sur la piste de Mané à Korsimoro, au Km 11.3 (départ dans le lit de la Volta à Mané)
Zone plane à nombreux blocs de cuirasse ennoyés.

Végétation : Zone de culture.

Description:

- 0 - 17 cm : Horizon ocre rouge grisâtre D 44 (brun rouge) paraissant faiblement humifère - Texture argilo-limoneuse - Structure à nette tendance prismatique grossière - Cohésion forte - Porosité uniquement tubulaire moyenne à assez bonne.
- 17 - 30 cm : Horizon identique mais moins gris, toujours D44, à taches plus ocre - Non humifère - Texture argileuse à nombreux gravillons ferrugineux - Structure polyédrique moyenne à petite assez bien développée.
- 30 - 64 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire avec quelques néoconcrétions par soudure manganifère - Horizon régosolique d'où les éléments se libèrent bien au piochon -

On note la présence de nombreux cailloux de quartz.

A partir de 64cm : Cuirasse ferro-manganifère à induration forte incluant d'assez nombreux cristaux de feldspaths.

La capacité d'échange des argiles faible (16 à 18 méq pour 100g) nous signale une fraction argileuse essentiellement constituée d'argiles kaolinitiques sans montmorillonite. Corrélativement, la matière organique est de type "ocrique", couleur claire, donc faible capacité de coloration et malgré une quantité moyenne (1.3 % en A11 et 1.1 % en A12), la couleur ocre rouge du matériau originel n'est guère masquée.

La somme des bases échangeables tombe à 6.5 méq pour 100g de terre. Les taux de saturation sont plus en accord avec le pH (82 % en A11 pour un pH de 6.4, et 72 % en A12 pour un pH à 6.1).

Dans le profil V 72, l'apparition de 30 % de montmorillonite en A11, pour des taux d'argile et de matière organique assez équivalents à ceux du V 501 par une coloration plus foncée de type brun. Nous passons du D 44 dans le V 501 au D 62 dans le V 721. La capacité d'échange des argiles passe à 34 méq pour 100g, la somme des bases échangeables double (12.2 méq), le taux de saturation (88 %) est élevé à l'égard d'un pH moyennement à faiblement acide (5.7).

Dans l'horizon A12, il existe encore 20 % d'illite-montmorillonite, et pour des taux d'argile et de matière organique équivalents à ceux du V 502, la couleur passe du D 44 au D 63.

Nous retrouvons le même pH, le même taux de saturation, la même somme des bases que dans le V 721, seule la capacité d'échange des argiles s'abaisse à 25 méq pour 100g.

Profil V 72

- Situation : Sur la piste de Mané vers Korsimoro, au Km 2.7 (départ dans le lit de la Volta à Mané) - Dans une zone plane, à quelques affleurements de cuirasse.
- Végétation : Zone de culture de mil - Quelques Lannea sp. et des Faidherbia albida.

Description :

- 0 - 20 cm : Horizon brun gris D 62 (brun) humifère - Texture argileuse - Structure prismatique petite à moyenne à tendance polyédrique large bien développée à sous-structure prismatique petite à tendance polyédrique grossière à surstructure prismatique large.
- 20 - 38 cm : Horizon brun D 63 (brun jaune) moins gris et moins humifère que l'horizon précédent, il est cependant encore humifère - Texture argileuse - Structure polyédrique grossière à moyenne à tendance prismatique bien développée.
- 38 - 75 cm : Horizon gravillonnaire - Terre ^{fine} brunâtre, argileuse à taches ocre - Néoconcrétionnement par soudure des gravillons par des taches manganifères.
- A partir de 75 cm : Cuirasse à induration forte.

L'analyse de différentes fractions d'humus (méthode TIURIN) nous a été aimablement communiquée par C. THOMANN qui poursuit actuellement des recherches sur les fractions humiques des vertisols et sols bruns entropes.

N° échan- tillon	C total ‰ (1)	H ₁	H ₂	H ₃	F ₁	F ₂	Total H+ F	Humifi- cation %	H ₁ + H ₂ + H ₃	F ₁ +F ₂	C total % (Wakley-blac
V 501	7.7	38	18	8	8	28	100	45.8	64	36	
V 502	6.1	33	10	9	12	36	100	40	52	48	
V 721	9.8	32	27	6	7	28	100	53.6	65	35	
V 722	7.2	14	32	7	15	32	100	51.8	53	47	

(1) Méthode ANNE

Les fractions humiques sont exprimées en % de la somme acides humiques + acides fulviques.

- H₁ = acides humiques libres,
- H₂ = acides humiques liés au calcium
- H₃ = acides humiques liés au fer et à l'aluminium
- F₁ = acides fulviques libres
- F₂ = acides fulviques liés aux acides humiques.

Ce tableau illustre parfaitement ce que nous venons de dire.

Pour des proportions d'acides humiques et d'acides fulviques identiques dans les 2 sols, le V 72 se distingue nettement par une forte augmentation des acides humiques liés au calcium (H2) aux dépens des acides humiques libres (H1) et des acides humiques liés au fer et à l'aluminium (H3).

Cette augmentation par rapport au profil V 50 déjà très notable en surface (où cependant elle est presque toujours amortie par l'influence des résidus et cendres végétaux) est très forte dans le 2ème horizon où la proportion des acides humiques liés au calcium dépasse le triple de celle du prélèvement V 502.

La formation des sols bruns eutrophes vertiques dans les Bassins Versants des Voltas Blanche et Rouge apparaît donc liée à la présence de proportions encore notables de montmorillonite et (ou) d'illites. C'est ce que l'on constate dans le tableau ci-contre donnant la composition minéralogique de la fraction argileuse de nos sols bruns eutrophes vertiques.

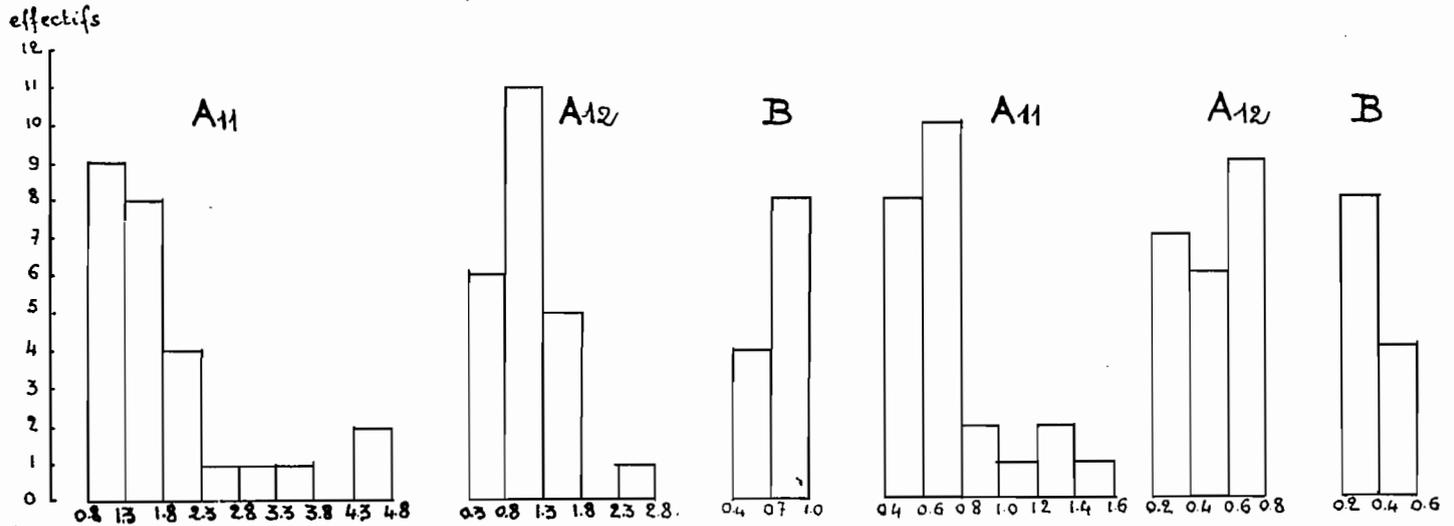
Tous les échantillons, sauf le VMK 263 et V 473, contiennent de la montmorillonite ou (et) des édifices micacés gonflants dans des proportions allant de 20 % à 50 % et atteignant dans certains cas particuliers 60 % (V 671) et même 100 % (VB 232). Les argiles du type 2/1 (illites et montmorillonite) représentent souvent 40 à 50 % de la fraction argileuse.

Nos sols bruns eutrophes sont donc au point de vue altération, "grosso-modo intermédiaires" entre les Vertisols et les sols de type ferrugineux tropical tout en restant comme on le constate fondamentalement proche des Vertisols, alors qu'ils marquent ici une certaine discontinuité avec les sols de type ferrugineux tropical qui accusent toujours 100 % de kaolinite.

10. Sols Bruns eutrophes vertiques

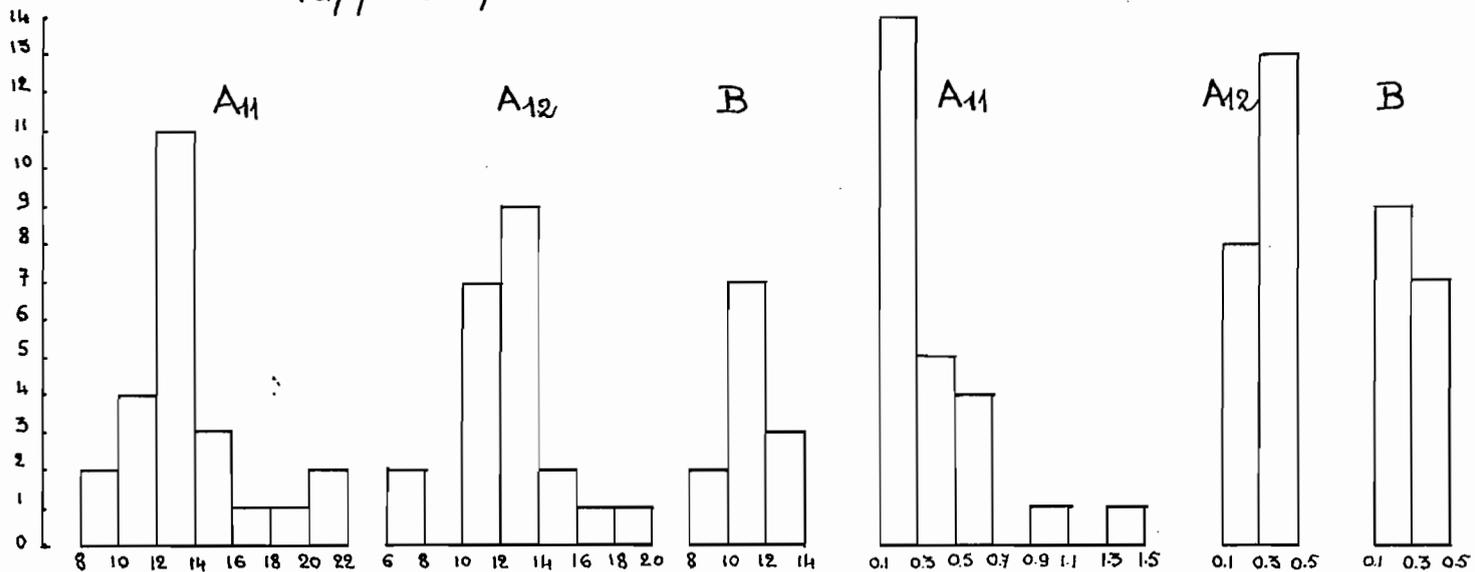
Matière organique %

Azote ‰



Rapport C/N

P₂O₅ ‰



Les minéraux argileux, parfois mal cristallisés et même très mal cristallisés (prélèvement VY 92, profil VY 9) semblent impliquer un caractère de jeunesse.

Sur les profils complets analysés, il n'y a pas diminution des argiles du type 2/1 vers la surface, les sols apparaissent par conséquent être en équilibre climatique.

Leur formation exige donc un certain maintien des bases permettant encore une synthèse appréciable d'argile du type 2/1. Ceci est réalisé par limitation du drainage externe sur les schistes argileux. Dans les roches basiques, au contraire, (amphibolites, roches gabbroïques) un bon drainage externe doit intervenir pour limiter une synthèse montmorillonitique trop intense qui donnerait naissance à des vertisols.

Dans certains cas, cependant, (voir profil VB 23), ils peuvent se former sur un matériau originel exclusivement montmorillonitique, mais la présence de calcaire semble alors nécessaire pour affiner la structure, ou alors ce sont des sols jeunes peu épais dont l'approfondissement aboutira aux vertisols (profil V 67). Il faut cependant signaler ici que le faible développement du profil n'est pas toujours un obstacle à l'apparition des caractères morphologiques typiques des vertisols. On ne peut donc pas affirmer en toute rigueur que l'approfondissement de ces profils aboutira aux vertisols (cf. Vertisols peu développés).

2°- Caractères morphologiques

Voir définitions et principes de la classification.

3°- Caractères analytiques

a) Matière organique : (Graphiqué N° 10)

Elle est peu abondante : 80 % des horizons A11 contiennent moins de 1.8 % de matière organique, et 79 % des horizons A12 en contiennent moins de 1.3 %.

Cette matière organique apparaît au point de vue analytique et d'une façon générale assez bien répartie en profondeur.

Elle est de type relativement bien évolué : 77 % des horizons A11 et presque tous les horizons A12 ont un C/N inférieur à 14.

b) Granulométrie (Graphique N° 11)

A part quelques échantillons superficiels qui se situent dans la classe de texture sabloargileuse, nos prélèvements se partagent entre les classes argilosableuses ou argilolimoneuses et argileuses.

Cette texture lourde est un facteur de limitation du drainage interne pour des sols contenant encore 20 à 50 % de montmorillonite, et elle contribue à maintenir ces sols en équilibre climatique.

c) Dynamique du fer (Graphique N° 12)

Le rapport fer libre sur fer total est très élevé dans l'ensemble de nos sols bruns eutrophes vertiques : il est supérieur à 66 % dans 77 % des prélèvements, et supérieur à 78 % dans 31 % des échantillons.

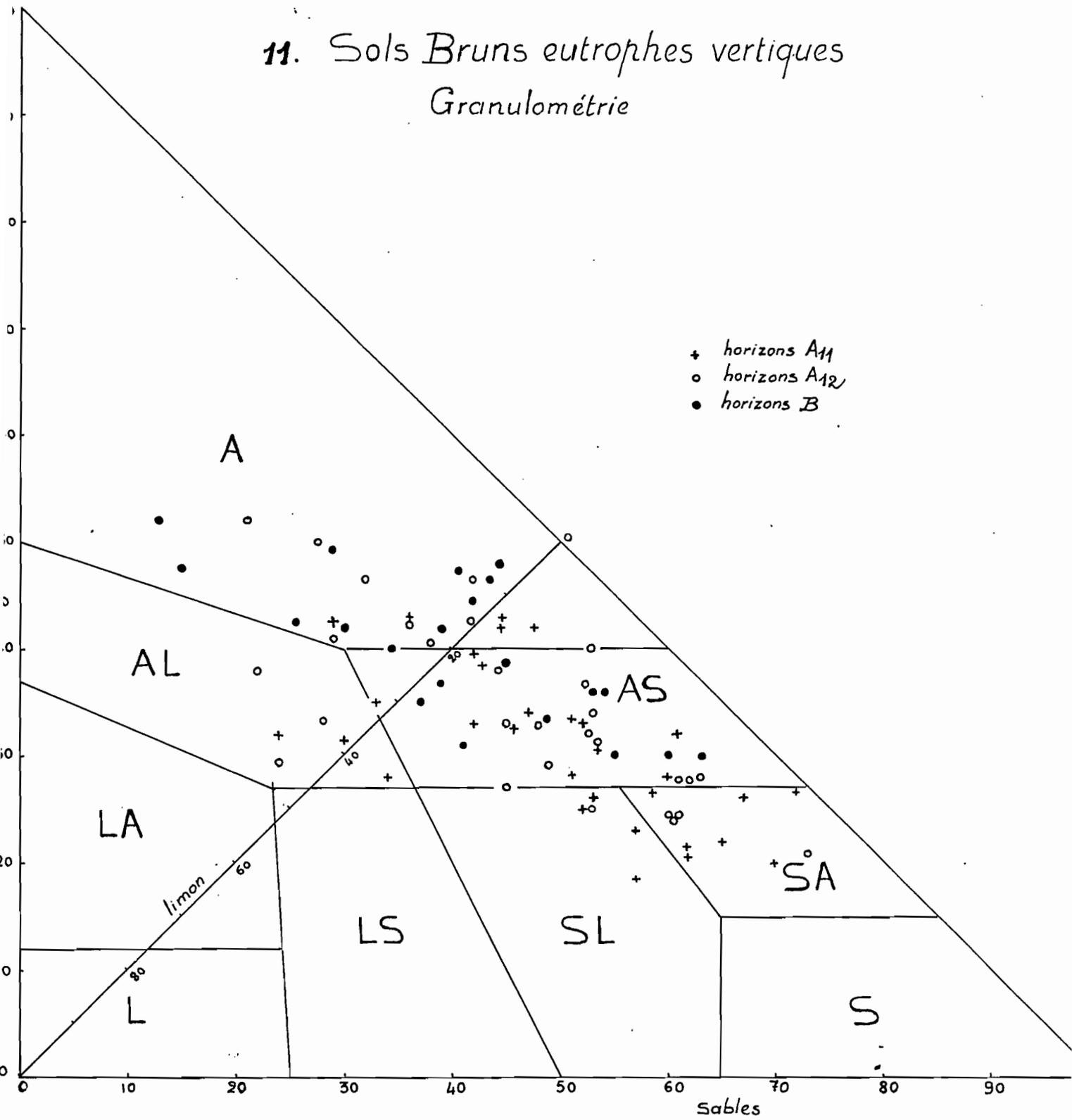
Les quantités de fer libre et fer total sont élevées et parfois très élevées, et comme dans le cas des vertisols, il n'y a cependant ^{pas} de ségrégation ferrugineuse. Le même processus de libération du fer à partir de la nontronite peut jouer et joue aussi certainement ici, mais il faut signaler que nous sommes et presque constamment en milieu faiblement acide à moyennement acide, et les hydroxydes individualisés sont moins sujets à l'immobilisation que dans les vertisols. On ne retrouve plus la distribution normale du rapport fer libre sur argile, les quantités de fer libre n'ont plus de liens avec les quantités d'argile : c'est une conséquence de l'augmentation du taux de kaolinite.

d) Le complexe absorbant

d.1- Minéralogie du complexe absorbant

Nous avons vu que les échantillons analysés sont constitués de kaolinite avec des proportions notables d'argiles du type 2/1, principalement la montmorillonite et les édifices micacés gonflants. Cela est confirmé pour l'ensemble de nos sols bruns eutrophes vertiques par les valeurs ^{calculées} de la capacité d'échange des argiles (fig. n° 13). Les fréquences maximum de ces valeurs sont dans les classes

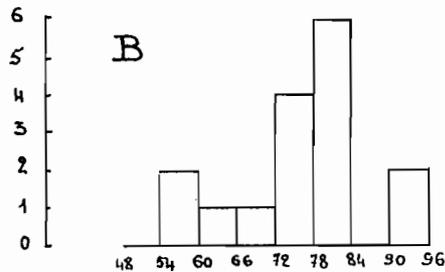
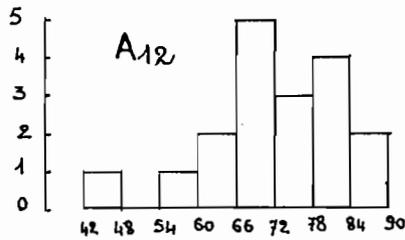
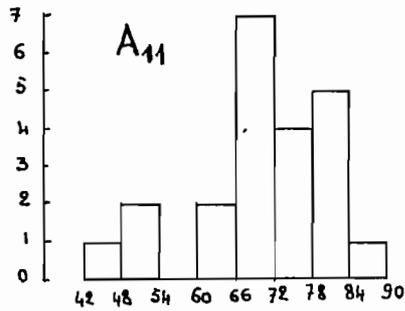
11. Sols Bruns eutrophes vertiques Granulométrie



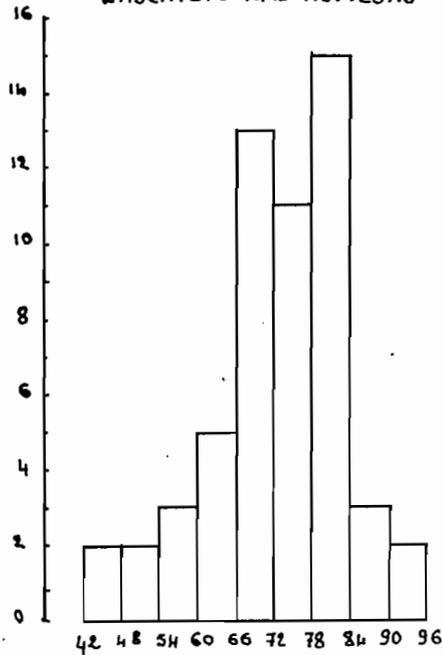
12. Sols Bruns eutrophes vertiques

Fer

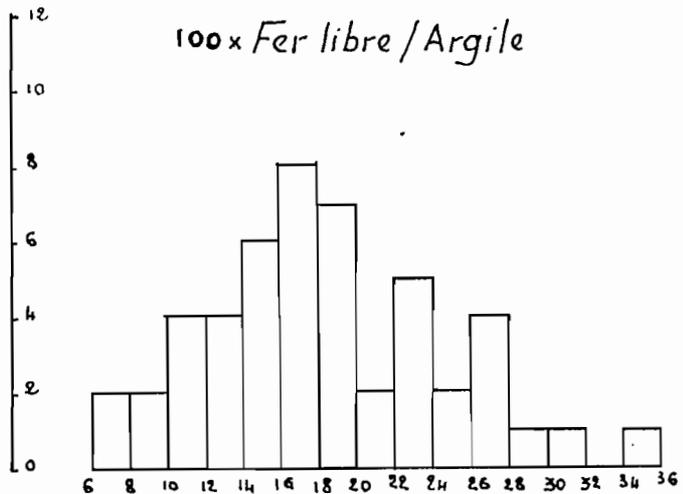
$100 \times \text{Fer libre} / \text{Fer total}$



Ensemble des horizons



$100 \times \text{Fer libre} / \text{Argile}$



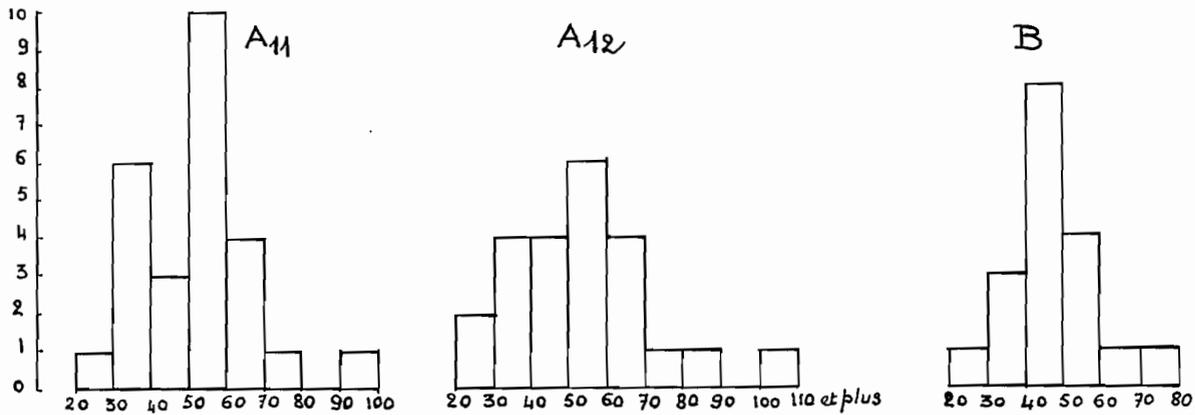
COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES SOLS BRUNS EUTROPHES
VERTIQUES

Profils	Prélèvements	K Kaolinite	G Feuilletés Gonflants	I Illites	M Montmoril- lonite	Talc
VB 23	VB 232	Traces			100	
VL 24	VL 242	50	50			
VY 9	VY 92	+		+	+	
VMK 26	VMK 263	80		20		
	V 471	50		10	40 (G)	
V 47	V 472	50		10	40 (G)	
	V 473	70		30		
	V 641	50		10	40	traces
V 64	V 642	50			30	20
	V 643	50			30	20
V 67	V 671	40			60	traces
V 72	V 721	50		20	30	
	V 722	80		20		
	V 782	60		20	20	
V 78	V 783	60		20	20	
	V 784	60		20	20	
	V 785	70		10	20	
	VRP 261	70		traces	30	
VRP 26 (hydro- morphe)	262	70		traces	30	
	263	70			30	
	264	70			30	
	VRZ 311	80	20			
	312	80	20			
	313	80	20			

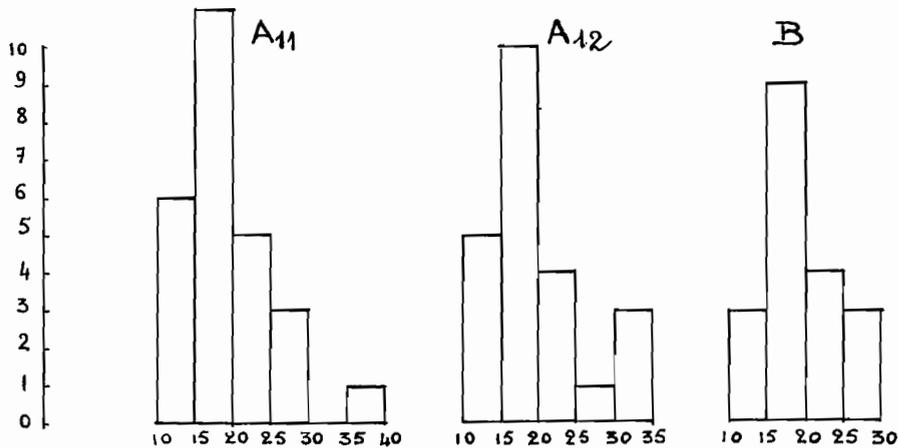
Profils	Prélèvements	K	G	I	M	Talc
VS 5	VS 52	60		traces	40	
	53	60		traces	40	
VS 26	VS 261	50		10	40	
	262	50		10	40	
	263	50		10	40	
	264	50		10	40	
VS 60	VS 602	50		10	40	
VS 61	VS 614	50		10	40	
VS 15	VS 151	50		10	40	
	152	50		10	40	
	153	50			50 (G)	

13. Sols Bruns eutrophiés vertiques

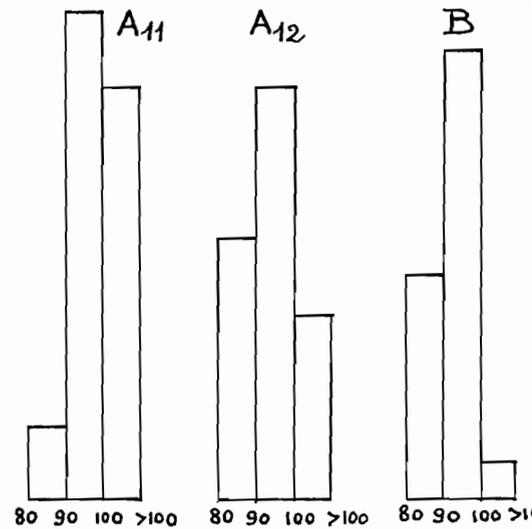
Capacité d'échange des argiles még%



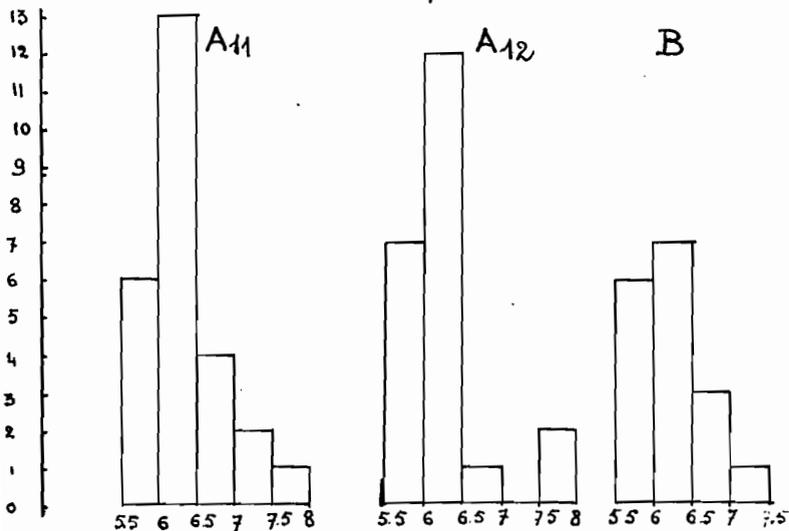
Capacité d'échange de la terre fine még%



Taux de saturation



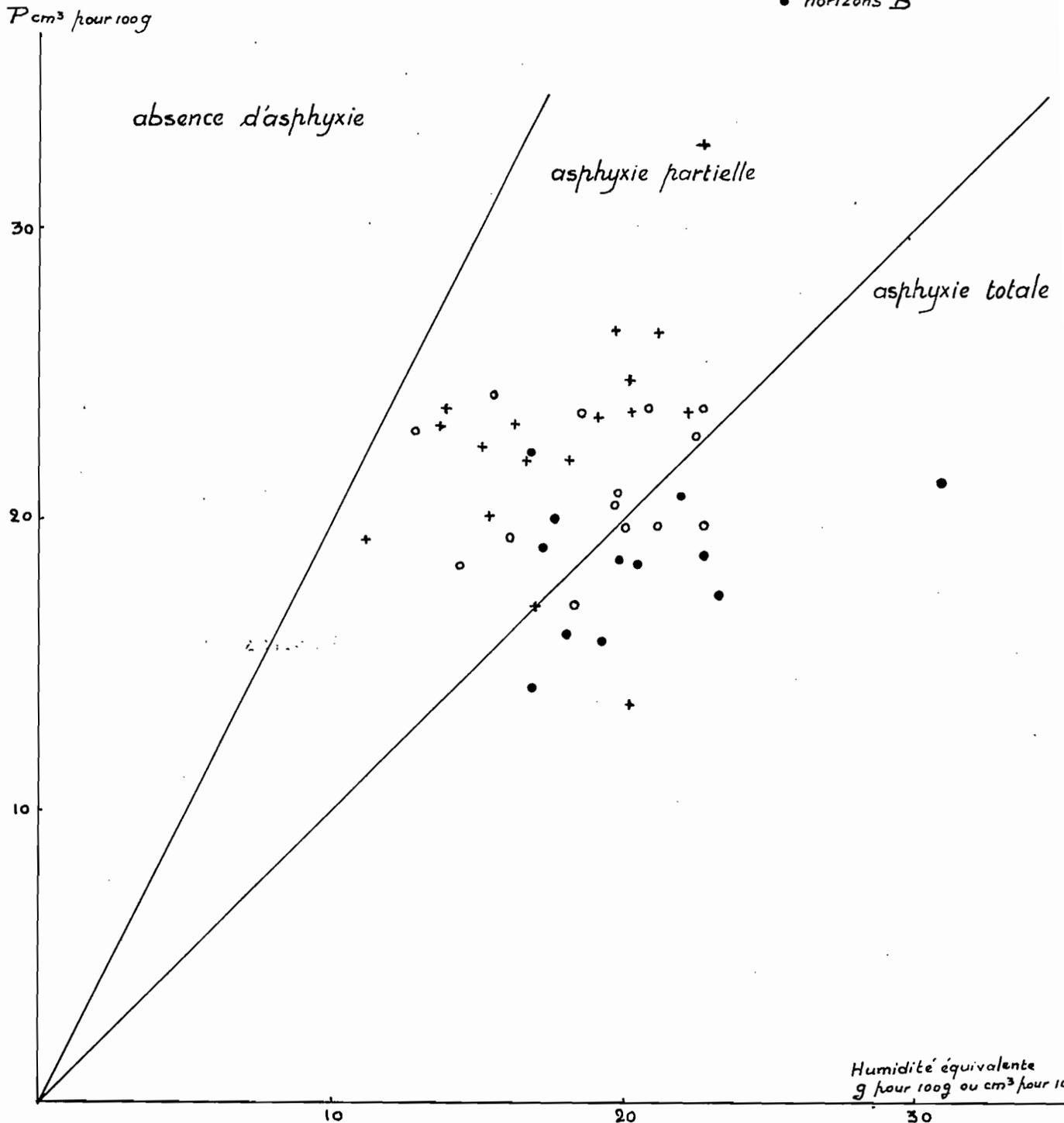
pH



14. Sols Bruns eutrophes vertiques

Porosité

- + horizons A11
- o horizons A12
- horizons B



50 à 60 méq pour 100g en A11 et A12, et 40-50 méq en B ; les valeurs minima sont de l'ordre de 25 méq pour 100g.

d.2- Chimisme du complexe absorbant (fig n° 13)

Corrélativement à la présence de montmorillonite ou (et) d'illites et à la texture argileuse à argilosableuse, la capacité d'échange de la terre fine est assez élevée et s'approche beaucoup de celle des horizons A11 de vertisols, elle oscille entre 10 et 35 méq pour 100g (exceptionnellement 40) avec fréquences maxima élevées pour tous les horizons dans la classe 15-20 méq pour 100g.

Elle marque une augmentation en A12 et B par rapport à A11. Le pH est faiblement acide à travers tout le profil : il oscille pour tous les horizons entre 5.5 et 7.5 (exceptionnellement 8) avec une fréquence maximum très élevée pour A11 et A12, et assez élevée pour B, dans la classe faiblement acide 6 à 6.5.

Mais, comme dans le cas des vertisols, et il faut voir là une certaine parenté, les taux de saturation ne sont pas en accord avec les pH. Le complexe absorbant apparaît comme saturé (V supérieur ou égal à 100 %) ou presque saturé (V compris entre 80 et 100 %).

Nous admettrons, comme dans le cas des vertisols, que le complexe absorbant est saturé ou très proche de la saturation.

e) Les caractéristiques structurales

e.1- Porosité (graphique n° 14)

Une différence fondamentale apparaît avec les vertisols, à savoir une macroporosité bien plus élevée particulièrement en ce qui concerne la comparaison entre les horizons de profondeur : le nuage des points figuratifs est ici à cheval sur les zones asphyxie partielle et absence d'asphyxie.

En ce qui concerne la porosité totale des mottes, à quelques rares exceptions près, elle est supérieure à 30 cm³ pour 100g de terre, alors que la valeur maximale pour les horizons B de vertisols était de 32 cm³ pour 100g de terre.

e. 2. Tests HENIN : Indice d'instabilité structurale et coefficient de percolation (fig. n° 15

Ces caractéristiques paraissent à première vue assez semblables à celles des sols bruns eutrophes vertiques avec seulement disparition des échantillons extrêmes à comportement identiques à celui des terres sodiques (échantillons à coefficient de percolation nul et indice d'instabilité structurale élevé à très élevé.

En effet les deux nuages de points se superposent à peu près, mais il y a dans les vertisols un abaissement presque constant du coefficient de percolation qui est très net lorsqu'on compare respectivement entre eux des horizon A 12 et B. Par ailleurs ce sont les profils de Vertisols peu développés qui contribuent à l'amélioration de la position du nuage de points des Vertisols.

On peut donc dire qu'il y a dans les Sols Bruns Eutrophes une nette amélioration des caractéristiques analytiques structurales surtout en ce qui concerne les horizons de profondeur.

f) Les réserves minérales

Les réserves minérales appréciées par les bases totales sont très élevées dans certains profils tel le VRZ 31 (dosage par attaque triacide).

	Ca	Mg	K	Na	Somme des bases
VRZ 311	68.9	33.2	Traces	8.7	111.7
312	71.2	33.2	Traces	8.7	113,1
313	134.6	33.2	Traces	7.7	175.5

Dans d'autres profils, tel que le VMK 23, elles apparaissent beaucoup plus faibles, mais encore appréciables (il faut signaler cependant que les chiffres ont été obtenus ici par attaque à l'acide nitrique concentré beaucoup moins actif que l'attaque triacide).

15.

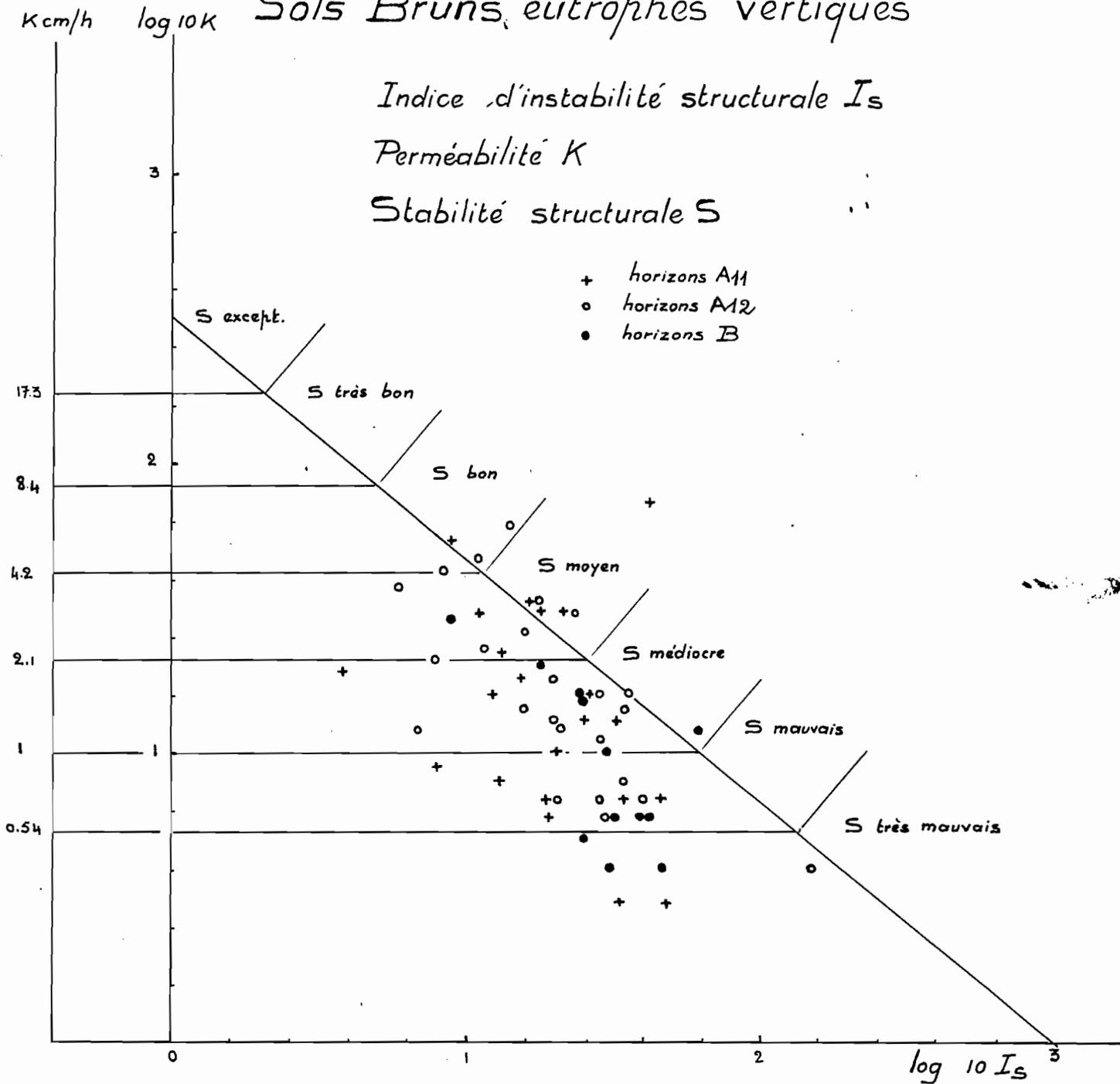
Sols Bruns eutrophes vertiques

Indice d'instabilité structurale I_s

Perméabilité K

Stabilité structurale S

- + horizons A11
- o horizons A12
- horizons B



B.2 - SOLS BRUNS EUTROPHES VERTIQUES HYDROMORPHES

Nous avons réuni dans ce sous-groupe à importance très réduite, un certain nombre de profils bruns eutrophes vertiques où les phénomènes d'hydromorphie caractérisés par une ségrégation ferrugineuse très prononcée sous forme de taches, se superposent à l'évolution pédologique normale.

Famille sur matériaux argilosableux à argileux
d'origine diverse

Profil VRP 26

- Situation : Sur la route de Nobéré à Pô, au Km 27.3 (départ ^{dans le} petit talweg situé après le campement).
Zone plane à quelques affleurements de granite.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis arborescents, Combretum sp. arborescents, Bauhinia sp. avec quelques arbres: Adansonia digitata, Anogeissus leiocarpus, Tamarindus indica.
- Description :
- 0 - 20 cm : Horizon gris brun foncé devenant brun gris à la base, humifère ; texture sabloargileuse à sables très fins ; structure prismatique large assez bien développée par des fentes de dessiccation verticales, par endroits et en surface, elle est polyédrique grossière moyennement développée ; cohésion forte ; bonne porosité tubulaire grossière ; présence de quelques morceaux de granite altérés.
- 20 - 36 cm : Horizon brun - Humifère - Texture argileuse à argilosableuse à sables très fins à la limite du limon grossier - Structure polyédrique grossière à tendance prismatique assez bien à bien développée par endroits avec alors un aspect brisé, moyennement développée par ailleurs, sur-structure prismatique large.
- 36 - 53 cm : Horizon à fond brun jaune pâle à taches gris blanchâtres et ocre pâle mal délimitées - Texture argileuse à argi-

lo sableuse identique à la texture de l'horizon précédent - Structure polyédrique très grossière à nette tendance prismatique assez bien développée - La cohésion des agrégats est forte, surstructure prismatique large.

- 53 - 88 cm : Horizon à taches gris blanchâtre et ocre clair, le fond brun jaune pâle devient imprécis - Texture argileuse - Gravillonnaire par endroits à petits gravillons arrondis et sphériques - Structure polyédrique moyenne à grossière bien développée.
- 88 - 103 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire à gravillons ferrugineux moyens et quelques cailloux de quartz qui marquent la surface d'érosion sur laquelle se sont déposés les apports précédents - Cohésion moyenne, les gravillons se libèrent au piochon - La terre fine, rare, à texture argileuse.
- 103 - 150 cm : Horizon essentiellement constitué dans le haut de gravillons ferrugineux, de concrétions manganifères noires, de nodules et concrétions calcaires blanches, dans une terre fine argileuse dont la couleur est assez imprécise - On distingue des taches jaunes et brun gris, ces dernières paraissant humifères - Le haut de l'horizon reste cependant essentiellement constitué de concrétions manganifères de nodules calcaires et de taches jaunes. Vers le bas, altération argileuse à argilo-limoneuse, à gravillons ferrugineux, à nodules calcaires et amas calcaires blanchâtres très nombreux - On note des taches ocre et quelques petites patines striées brillantes - Horizon d'altération essentiellement calcaire.

Nous retrouvons les caractéristiques morphologiques et analytiques des sols bruns eutrophes vertiques :

- Horizon A11 (0-20 cm) de couleur foncée relativement à la teneur en matière organique moyenne (1.4 %), mais ici, la structure est très large en surface et imputable probablement à la texture sabloargileuse à sables très fins. Le passage est progressif à l'horizon A12 toujours brun humifère, l'augmentation du taux d'argile

s'accompagne d'un bon développement d'une structure polyédrique grossière à tendance prismatique typiquement brun eutrophe verticale et qui se conserve ensuite le long du profil.

- assez bonne richesse en bases échangeables, 10 méq pour 100g de terre, mais cette quantité reste inférieure aux sols équivalents non hydromorphes.
- complexe absorbant très proche de la saturation (88 à 98 %) malgré un pH moyennement acide à faiblement acide : 5.6 à 6.0.
- assez bonne capacité d'échange de la fraction argileuse (35 à 39 méq), mais restant cependant assez faible à l'égard de la teneur en montmorillonite relativement élevée (30 % tout le long du profil jusqu'à 53 cm).
- teneur en montmorillonite appréciable.

L'intensification de l'hydromorphie se traduit dès le troisième horizon (36 - 53 cm) par une ségrégation ferrugineuse très prononcée : taches gris blanchâtre et ocre pâle (nous arrêtons le profil pratiquement à 88 cm).

Malgré des quantités de fer très moyennes, on constate sur l'ensemble du profil une baisse du rapport fer libre sur fer total.

La matière organique garde un C/N à affinités hydromorphes jusqu'à la base du profil.

Le pH lui-même marque une baisse par rapport à l'ensemble des sols brunseutrophes vertiques.

Les caractéristiques ^{structurales} analytiques/sont cependant moyennes en ce qui concerne la stabilité structurale qui est même bonne en surface, mais la perméabilité reste très médiocre sauf en surface.

Dans le profil VRN 17, l'hydromorphie est beaucoup moins prononcée en surface, son intensification avec apparition de taches gris clair et ocre ne se produit qu'à partir de 65 cm. Le profil est typiquement un sol brun eutrophe vertical à pseudogley de profondeur à taches.

Profil VRN 17

- Situation : Sur la piste de Nobéré à la Volta rouge, à 9.7 Km de Nobéré.
Zone plane à affleurements de granite à 200 m environ ; fentes de dessiccation à la surface du sol.
- Végétation : Savane arbustive à Combretum sp., Gardenia sp., Terminalia glaucescens.
- Description :
- 0 - 11 cm : Horizon gris brun très foncé - Humifère - Texture argilo-sableuse - Structure polyédrique très grossière moyennement développée à tendance grumeleuse autour des touffes de graminées, parfois polyédrique très grossière à tendance prismatique à sous-structure polyédrique grossière peu développée, à surstructure prismatique grossière.
- 11 - 27 cm : Horizon brun olive foncé - Humifère - Texture argilo-sableuse à argileuse à sables fins - Structure polyédrique grossière à moyenne, moyennement à assez bien développée - Cohésion des agrégats forte - Cet horizon repose sur un lit gravillonnaire faisant "stone line".
- 27 - 48 cm : Horizon olive foncé - Texture argilosableuse à argileuse - Structure polyédrique grossière à tendance prismatique assez peu développée et plus compacte, moins bien développée dans le bas.
- 48 - 65 cm : Horizon olive à taches gris brunâtre ou grises et à taches jaunes - Texture argilosableuse à argileuse - Structure prismatique assez peu développée avec quelques revêtements argileux - On note la présence de quelques petits morceaux de granite en voie d'altération.
- A partir de
65 cm : Horizon gris clair à taches ocre contenant des gravillons ferrugineux - Texture argilosableuse - Structure non développée - Cohésion très forte - Egalement présence de morceaux de granite en voie d'altération.

La différenciation du profil est progressive jusqu'à 65 cm, les horizons A1 et A2 sont de couleur foncée dans les tons bruns. Nous retrouvons la couleur olive typique des vertisols, et dans le 4ème horizon où commence la ségrégation ferrugineuse, une structure prismatique avec des revêtements argileux.

La capacité d'échange des argiles est très élevée (autour de 60 méq pour 100g) à partir de l'horizon A2, et laisse supposer la présence de quantités très appréciables de montmorillonite.

La somme des bases échangeables est assez élevée : 14 à 16 méq pour 100g.

Le complexe absorbant apparaît saturé ou très proche de la saturation malgré les pH moyennement acides (5.9 à 5.7).

La matière organique en assez bonne quantité est du type bien décomposé corrélativement à une hydromorphie peu prononcée en surface.

Les caractéristiques physiques sont bonnes.

Ce sd, jusqu'à 65 cm, a toutes les caractéristiques du sous-groupe précédent.

Dans le profil VRY 20, au contraire, l'hydromorphie est très prononcée sur l'ensemble du profil, c'est le passage vers les sols hydromorphes.

Profil VRY 20

Situation : Sur la piste de Boussougou à Zourma vers la Volta Rouge, au Km 15.7
Zone plane avec de fines fentes de dessiccation à la surface du sol.

Végétation : Savane très arbustive à Bauhinia, quelques Gardenia sp., Terminalia glaucescens et Acacia gourmensis.

Description :

0 - 20 cm : Horizon gris foncé - Humifère - Texture argilosableuse à sables fins - Structure prismatique large bien développée par de nombreuses fentes de dessiccation verticales bien marquées - Cohésion très forte - Porosité uniquement tubulaire moyenne assez bonne.

- 20 - 44 cm : Horizon ayant un aspect gris brun en réalité gris à taches brun rouille - Texture argileuse - on remarque également la présence de taches gris clair blanchâtre paraissant être dues à un voilage de sables fins recouvrant sur les faces des prismes - Structure prismatique avec une tendance au polyédrique très grossier très bien développée - Cohésion très forte - Porosité uniquement tubulaire moyenne.
- 44 - 57 cm : Horizon à taches jaune olive nombreuses sur un fond brunâtre - Texture argileuse identique au précédent - Structure prismatique large à grossière bien développée - Cohésion forte à très forte - Porosité tubulaire faible, tendance au type mie de pain.
- 57 - 100 cm : Horizon essentiellement grossier : graviers et sables grossiers, gravillons ferrugineux - Gris blanchâtre à nombreuses taches ocre - Cet horizon est inexistant par endroits et fait place à un horizon gris clair à taches jaune olive nombreuses, de texture argilosa-bleuse, à structure prismatique assez peu développée, à cohésion très forte.
- 100 - 138 cm : Horizon gris devenant très clair au séchage, à taches rouges, paraissant brun rouille dans l'horizon humide - Texture argileuse - Structure prismatique petite à faces de décollement concoidales à patines parfois brillantes, à faces verticales à beau revêtement argileux brillant ou non - Cohésion très forte - Horizon très frais en cette saison.

L'intensification de l'hydromorphie se traduit par l'apparition d'une couleur de type gris remplaçant la couleur de type brun des sols bruns eutroques, de taches ferrugineuses brun rouille en A12 (20-44 cm), jaune olive en B1 (44 - 57 cm), d'une très intense ségrégation ferrugineuse B2 (57 - 100 cm) et B3 (100 - 138 cm) sous forme de taches ocre et rouge sur un fond gris blanchâtre, d'une intensification des revêtements argileux avec tendance au passage vers un faciès vertique.

Malgré une teneur élevée (50 %) en argile du type 2/1, (20 à 50 % de montmorillonite) la somme des bases échangeables reste moyenne.

Le pH, encore moyennement à faiblement acide en surface (5.8), est acide en profondeur (5.2 - 5.4) avec un net abaissement du taux de saturation en A12(76 %), mais ce dernier remonte en B1 à 99 % malgré un pH acide (5.4).

Dans le profil VRK 26, la ségrégation ferrugineuse aboutit à la formation de concrétions en même temps que la formation de nodules calcaires imputables ici non à la nature du matériau originel, mais aux phénomènes d'hydromorphie.

Profil VRK 26

Situation : Piste de Ziou à Tiébélé -Kampala, à 4.9 Km après le croisement avec la piste de Guenon. Sur une faible pente partant d'un thalweg situé 300m plus bas.

Végétation : Savane à *Adansonia digitata* - fentes de dessiccation apparaissant sur le sol.

Description :

- 0 - 14 cm Horizon gris brun foncé - humifère - contenant des petits gravillons ferrugineux - Structure prismatique large, bien développée par de nombreuses fentes de dessiccations verticales - cohésion très forte - texture argileuse à argilo-sableuse à sables très fins.
- 14 - 30 cm Horizon brun olive foncé - Humifère - Texture argileuse à sables fins - structure prismatique large se développant assez bien par quelques fentes de dessiccation verticales. Cohésion très forte à sec - Horizon humide.
- 30-62 cm Horizon brun plus gris et plus humifère dans le haut, avec des taches plus ocre et quelques concrétions manganifères noires - Pénétration humifère gris foncé dans les pores tubulaires - Structure non développée - Cohésion forte - Texture argileuse à sables fins - Passage progressif à l'horizon suivant.
- 62 - 117 cm Horizon brun jaune clair à taches gris clair - moins humifère, sauf dans les pores tubulaires - Texture argileuse à sables fins - Quelques concrétions ferrugineuses rouille Structure prismatique assez peu développée dans l'ensemble cohésion d'ensemble très forte ; par endroits structure prismatique assez bien développée avec migration de sables fins beige clair sur les faces verticales des prismes - Nombreux nodules calcaires brun jaune pâle à taches gris clair.
- 117 - 145 cm Horizon gris blanchâtre à taches brun jaune pâle, à très nombreuses concrétions manganifères noires, très riche en petits cailloux de quartz ; petits gravillons ferrugineux ; l'emplacement de ces éléments est patiné.

II.5.- LES SOLS HALOMORPHES

PLAN D'ETUDE

A.- Définitions et classification.

B.- Sous-classe des sols halomorphes à structure modifiée.

B.1- Groupe des sols non lessivés à alcalis.

B.1.1.- Sous-groupe des sols à faible teneur en sels solubles.

1.- Famille sur argile finement sableuse.

1.1- Etude monographique.

- a) Séries sans recouvrement
- b) Séries à faible recouvrement sableux
- c) Séries à structure polyédrique moyennement développée et à tendance verticale sur une partie du profil.
- d) Séries à halomorphie faible.

1.1.2- Caractères généraux

- a) Conditions de formation
- b) Caractères morphologiques et analytiques

2.- Famille sur matériau argilosableux.

2.1- Caractères généraux.

2.2- Etude monographique

- a) Séries typiques
- b) Séries à tendance verticale.

A/- DEFINITION ET CLASSIFICATION

La classe des sols halomorphes désigne les sols dont les caractères essentiels d'évolution sont (G. AUBERT 1963) :

- soit la richesse en sels solubles (conductivité de l'extrait de pâte saturée supérieure à 4 millimhos/cm à 25°),
- soit la richesse en sodium échangeable d'au moins un horizon (plus de 12 % de la capacité d'échange saturée en sodium) et provoquant la formation d'une structure massive, diffuse .

Il s'agit ici du deuxième phénomène exclusivement. Le sodium provient de l'altération des roches-mères, et les sols sont toujours pauvres en sels solubles. Nous admettons qu'il n'y a pas de lessivage des horizons superficiels de ces sols et que les variations texturales sont dues à la nature différente des matériaux. Nous n'avons donc distingué qu'un groupe, celui des sols non lessivés à alcalis, et un sous-groupe, celui des sols à faible teneur en sels solubles.

B/- SOLS HALOMORPHES A STRUCTURE MODIFIEE - SOLS NON LESSIVES A ALCALIS A FAIBLE TENEUR EN SELS SOLUBLES.

1.- Famille sur argile finement sableuse

Nous avons vu lors de la définition et de la classification des vertisols que le problème de la classification des sols de cette famille manquait de netteté.

Initialement, nous les avons classés en sols Bruns entrophes halomorphes faute de pouvoir les classer en vertisols à structure peu développée.

Nous avons vu que leur position dans la classe des sols halomorphes, justifiée par leur richesse en sodium échangeable, n'est

pas très satisfaisante quand on pense que la modification de structure consécutive à cette richesse sodique devrait se traduire plutôt, dans de tels sols, par une structuration plus accusée en prismes ou en colonnes, tel que cela se produit dans le vertisol typique VN 17 qui contient dans l'horizon B, 28 % de sodium par rapport à la capacité d'échange, et 16 % dans l'horizon A qui a un bel aspect brisé donnant une structure polyédrique très bien développée.

Par ailleurs, certains sols comme le VK 50, malgré des proportions énormes de sodium par rapport à la capacité d'échange, ont encore une structure de type verticale :

Profil VK 50

Situation : Sur la piste de Seyla vers Niangadé , à 27.1 Km de Seyla.
Plaine à affleurements de granite avec de larges zones nues à épandage de nodules calcaires et de gravillons ferrugineux avec des cailloux de quartz ; quelques fines fentes de dessiccation en surface.

Végétation : Savane arbustive à Bauhinia sp., Acacia gourmensis, Combretum sp. et quelques Spondia mcnbin - Strate herbacée à Andropogon gayanus.

Description :

- 0 - 17 cm : Horizon brun un peu rougeâtre, peu humifère - Texture argileuse - Structure polyédrique grossière à petite bien développée, aspect brisé - Cohésion des agrégats forte - Epaisseur irrégulière pouvant se réduire à 8 cm - Fine lamelle sableuse en surface contenant quelques gravillons ferrugineux.
- 17 - 70 cm : Horizon brun jaune; argileux; structure prismatique large délimitée par des fentes de dessiccation verticales bien marquées mais sinueuses, avec des migrations de sables le long des faces des prismes ; sousstructure du type polyédrique grossier moyennement développée, ou prismatique aplatie à faces obliques patinées avec tendance à la plaquette. Nombreux nodules calcaires ; petites concrétions noires manganifères - Horizon compact et durci.

70 - 125 cm : Altération de granite leucocrate à dominance feldspathique: taches blanches feldspathiques, taches jaunes et quelques taches noires et des quartz.

Malgré la faible profondeur du profil et une proportion anormalement élevée de sodium par rapport à la capacité d'échange (40 % en profondeur et 26 % en surface) et en valeurs absolues aussi (10 méq en profondeur), la structure reste du type verticale tant en surface qu'en profondeur avec cependant une sous-structure polyédrique dont on ne sait s'il faut l'attribuer à l'excès de calcium ou à l'excès de sodium.

Nous avons vu que la structure peut varier dans ces sols :

- elle peut aller du type polyédrique (grossier à petit) bien développé (sol alors difficile à distinguer morphologiquement d'un sol brun eutrophe) au type polyédrique en assemblage très compact aboutissant même parfois à un aspect massif ou continu.
- elle est souvent prismatique à tendance prismatique en surface ou immédiatement en dessous des apports superficiels sableux, mais sur une épaisseur très faible.
- elle peut passer en profondeur au type prismatique parfois aplati à faces de décollement horizontales à obliques plus ou moins patinées marquant alors une nette tendance au faciès verticale.

La différenciation des séries ou groupes de séries est basée sur ces caractères et sur la nature des recouvrements superficiels.

1.1. - Etude monographique

a) - Séries sans recouvrements

PROFIL VN 70

Situation : Au km 9,4, sur la piste de Bouéma à Sansagabo, sur le haut de pente d'une petite butte dans un village.

Végétation : Jachère à Bauhinia sp., Ziziphus sp., repousses de Faidherbia albida, Adansonia digitata.

Aspect de la surface du sol: Brun rougeâtre à fentes de dessiccation.

Description :

- 0 - 28 cm : Horizon brun, humifère ; texture argileuse ; structure prismatique large bien développée par de grandes fentes de dessiccation verticales atteignant 2 cm de large ; cohésion très forte ; par endroits sous-structure polyédrique très grossière à tendance prismatique ; quelques gros pores tubulaires, contient de petits gravillons ferrugineux, des cailloux de quartz et des concrétions manganifères.
- 28 - 125 cm : Horizon olive ; texture argileuse ; horizon durci à structure peu développée du type polyédrique : débits par plaques se résolvant en polyèdres ; on y dégage quelques faces de décollement obliques à tendance patinée ; réseau irrégulier de très fines fentes de dessiccation avec dans le haut un faible prolongement des grandes fentes de retrait de l'horizon précédent. Dans le bas, il devient brun jaune avec de fines taches ccre. Contient quelques rares cailloux de quartz, de gros gravillons et de nombreux amas terrocalcaires gris cendre, en forme d'œufs de pigeon ; quelques nodules calcaires à la base.
- 125 - 170 cm : Horizon d'altération de granite avec des taches feldspathiques blanches, des micas rouille, des amas calcaires gris cendre ; quelques petits nodules calcaires.

Interprétation morphologique :

- 0 - 28 cm : Horizon A remanié
- 28 - 125 cm : Horizon B
- 125 - 170 cm : Horizon C.

En A, nous retrouvons les caractéristiques d'un vertisol à structure large en surface avec les grandes fentes de retrait, mais en B, nous n'avons plus qu'un réseau de très fines fentes de dessiccation, l'horizon est durci à structure peu développée, en somme la manifestation des phénomènes de remaniement interne est pratiquement très faible, il subsiste encore quelques faces de décollement mais seulement à tendance patinée, c'est-à-dire non spécifique des vertisols.

Cependant, la texture est argileuse (40 % d'argile) et la fraction argileuse est essentiellement constituée de montmorillonite : 80 % tout le long du profil. Nous retrouvons du reste la couleur clive si caractéristique de nos vertisols typiques. La composition minéralogique des argiles, la texture, sont donc celles d'un vertisol typique.

Il en est de même du chimisme du complexe absorbant : ce dernier est entièrement saturé en calcium et magnésium, mais ici le rapport du Na^{++} échangeable par rapport à la capacité est beaucoup plus élevé que dans la plupart des vertisols typiques sans dépasser celui des profils VN 17 et VK 50, ce rapport est ici dans l'horizon B de 28 %. Il passe ici, dans l'horizon C, à 40 %. Les quantités de Na^+ sont de 8 méq pour 100g de terre en B, dans le profil VN 70. Ces quantités très élevées de sodium sont considérées ici comme le facteur déterminant de la dégradation de la structure consécutive à la dispersion des argiles.

Corrélativement, l'indice d'instabilité structurale atteint une valeur anormalement élevée (39.4). Dans l'horizon A où le rapport du Na^+ échangeable à la capacité d'échange s'abaisse à 15, on observe une structure bien développée quoique très large. Il se peut aussi que l'action du sodium sur le non-développement de la structure soit renforcée par la grande dominance des sables fins + limon dans la fraction non argileuse.

Le rapport fer libre sur fer total est très élevé ; le rapport fer libre sur argile et les quantités de fer sont élevés comme dans les vertisols ; et malgré le milieu basique à travers tout le profil, la ségrégation ferrugineuse n'apparaît que dans le bas de l'horizon B.

La porosité des mottes est faible, comme dans les vertisols (24.8 à 25.5 cm³ pour 100g de terre), et la macroporosité est nulle en B (humidité équivalente très supérieure à la porosité sur mottes).

Y compris même la teneur en Na^+ échangeable, les caractéristiques analytiques sont identiques à celles d'un vertisol. Des caractéristiques morphologiques, uniquement d'ordre structural, le différencie des vertisols. Nous aurions pu le classer en sous-groupe à structure peu développée dans les vertisols, mais la structure intervient pour la classification de ces derniers au niveau même de la classe, ce sous-groupe aurait été en contradiction avec la classe.

Le profil VN 70 est situé sur une légère butte, nous

retrouvons cependant ses caractéristiques dans le profil VN 53 situé dans une plaine.

Profil VN 53

- Situation : Au Km 5, sur la piste de Niarba à Tigré.
Plaine caillouteuse en surface à affleurements de granite.
- Végétation : Savane arbustive à *Acacia gourmensis*, *Acacia senegal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum sp.*, *Butyrospermum parkii*, *Spondia mombin*, *Terminalia glaucescens*, strate herbacée à *Andropogon gayanus*.
- Description :
- 0 - 3 cm : Appert sableux, beige, peu humifère, lité, aspect mie de pain, contient des gravillons ferrugineux.
- 3 - 20 cm : Horizon brun gris à taches ccre, humifère ; texture argileuse ; structure bien développée, tantôt polyédrique grossière à tendance prismatique à surstructure prismatique, tantôt polyédrique moyenne avec un aspect brisé dans ces 2 cas, tantôt prismatique grossière bien développée par de grandes fentes de dessiccation verticales ; cohésion des agrégats très forte ; on y trouve d'assez nombreux gravillons et cailloux de quartz.
- 20 - 61 cm : Horizon olive à nombreuses petites taches blanches feldspathiques parfois calcaires ; quelques amas calcaires et par poches de nombreux nodules calcaires ; texture argileuse ; structure mal définie et mal développée où le picchon dégage péniblement quelques éclats polyédriques grossiers ; cohésion d'ensemble très forte ; on note quelques petites fentes de dessiccation obliques, de nombreux gravillons ferrugineux par endroits - L'horizon est plus riche en feldspaths vers le bas.
- 61 - 115 cm : Granite altéré où dcminent maintenant les feldspaths, à taches blanchâtres, jaunes et vertes.

Sous un faible apport sableux négligeable, nous retrouvons

un horizon A (3 - 20 cm) où la structure est moins grossière que dans le VN 70, et qui est identique aux horizons A11 d'un bon nombre de nos vertisols, sa teneur en montmorillonite est de 60 % pour 30 % de kaolinite et 10 % d'illites.

En B (20 à 61 cm), nous retrouvons les caractéristiques du VN 70 : structure mal développée, horizon durci, le réseau de fines fentes de dessiccation est remplacé par quelques fentes de dessiccation non plus verticales mais obliques, nous retrouvons l'accumulation calcaire, la richesse en montmorillonite : 90 % ici pour 10 % de kaolinite et corrélativement, la couleur olive si fréquente dans les vertisols, la richesse en sodium échangeable (23 % par rapport à la capacité d'échange).

Le rapport fer libre sur fer total est encore élevé (71 %), les quantités de fer sont assez bonnes ici.

La porosité totale est assez faible : 27.3 cm³ pour 100g de terre, la macroporosité est très faible (4 cm³ pour 100g de terre). L'indice d'instabilité structurale marque une amélioration sur le VN 70, mais reste très élevé (9.4). La perméabilité est nulle comme dans le VN 70. Ce sont là les caractéristiques d'une terre sodique et aussi celles de certains vertisols.

b) Séries à faible recouvrement sableux

Profil VY 76

Situation : Piste de Norguain à Niaogo, à 700m de Norguain. Plateau en contre-bas d'une large butte gravillonnaire.

Végétation : Savane peu arbustive (ancienne jachère) à Combretum glutinosum, Bauhinia, Balanites, Stratiotris herbacée à Andropogon gayanus, en touffes exhaussées.

Description :

0 - 40 cm : Horizon gris beige (D 21 brun rouge clair) - Faiblement humifère - Texture sablo faiblement argileux - Structure prismatique moyennement développée à tendance cubique, faces de décollement nettes. Si la cohésion des gros agrégats paraît forte, celle des éclats est assez faible. La porosité est uniquement tubulaire moyenne. Présence d'assez nombreux cailloux de quartz et quelques gravillons ferrugineux. Horizon pa-

raissant posé sur le suivant sans transition.

- 10 - 32 cm : Horizon brun foncé J 62. Paraît humifère - Texture argileuse - Structure prismatique à nette tendance columnaire ; en surface sousstructure soit prismatique oblique tronquée à faces concaves, soit polyédrique moyenne anguleuse se développant assez difficilement par un réseau de fines fentes de dessiccation. Les fentes de dessiccation verticales sont bien marquées et peuvent atteindre 1/2 cm de largeur - Horizon très compact et à cohésion très forte - Présence d'assez nombreux gravillons ferrugineux et de graviers de quartz, quelques cailloux de quartz - quelques nodules calcaires.
- 32 - 90 cm : Horizon olive pâle D 83 ; non humifère ; texture argileuse à argilosableuse où l'on sent une trame de sables grossiers ; horizon tranchant brutalement sur le précédent par le manque de développement de la structure, durci où naît un réseau de très fines fentes de dessiccation - Structure de type polyédrique grossier mal développée ; horizon intensément truffé de nodules, concrétions et amas calcaires avec des plages entièrement blanchâtre de calcaire ; aucune fente de dessiccation verticale quelques petits gravillons ferrugineux et nombreuses concrétions manganifères noires.
- 90 - 105 cm : Lit de cailloux de quartz émoussés mêlés à du gneiss altéré devenu essentiellement feldspathique ; présence de gravillons ferrugineux.

Sous un apport sableux de 10 cm, nous retrouvons un profil assez identique au VN 70 :

- 10 - 32 cm : Un horizon humifère A, que nous appellerons A2,
- 32 - 90 cm : Un horizon B.
- 90 - 105 cm : Un horizon (C) qui n'est pas en réalité le véritable matériau originel puisque le profil est développé sur apports.

L'horizon superficiel sableux, malgré sa structure prismatique à cubique, son pH de 6.9 et son complexe absorbant saturé,

n'a aucune tendance verticale ou brun entrophe : en effet, la matière organique de couleur claire appartient au type "ocrique".

L'horizon A12a des caractéristiques verticales par endroits : structure prismatique oblique à faces de décollement concaves patinées, mais il apparaît ici la structure colonnaire que nous n'avons rencontré ici que dans les sols de la famille suivante.

Le complexe absorbant ^{minéral} est à nette dominance montmorillonitique : 60 % de montmorillonite pour 40 % de kaolinite. Il est à pH faiblement alcalin, saturé ^{du} par calcium et ^{du} magnésium avec une forte proportion de sodium (15.5 %) que nous estimons ici par rapport à la somme des bases échangeables, la capacité d'échange étant certainement trop sous-estimée.

On retrouve en B les caractéristiques du VN 70 et du VN 53 : structure mal développée de type polyédrique, horizon compact durci, teneur en montmorillonite élevée (90 % de la fraction argileuse), rapport sodium sur capacité d'échange très élevée (23 % estimé en fonction d'une capacité d'échange estimée / 25.6 méq pour 100g de terre). L'accumulation calcaire atteint ici une intensité élevée, la couleur toujours olive pâlit. La porosité totale sur mottes est anormalement basse (14.4 cm³ pour 100g de terre), la macroporosité est nulle (humidité équivalente : 22.4 %). Les caractéristiques analytiques structurales sont celles d'une terre sodique : perméabilité nulle et indice d'instabilité structurale très élevé (10.2).

c) Séries à structure polyédrique moyennement développée et à tendance verticale

Profil VN 72

Situation : Au Km 3.4 sur la piste carrossable de Bouema (marché) à Mankaraga.
Milieu d'une faible pente descendant d'une plaine à aspect hydromorphe en surface.

Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis, Acacia sénégale, Balanites aegyptiaca, avec quelques arbres : Sterculia setigera, Bombax costatum; Strate herbacée à Ctenium elegans et Loudetia togoensis, laissant de larges plages nues.

Description :

- 0 - 10 cm : Horizon gris beige D 61 (brun gris clair), paraissant faiblement humifère, texture sableuse, structure non développée, porosité type mie de pain ; paraît posé sur le suivant horizon parfois réduit à 5 cm.
- 10 - 34 cm : Horizon à petites taches beige et quelques taches ocre ; ensemble olive pâle E 83, faiblement humifère ; texture argilo-sableuse à sablo-argileuse ; horizon durci à structure prismatique peu développée avec quelques fentes de dessiccation verticales ; cohésion très forte ; quelques pores tubulaires et aspect mie de pain par endroits. Quelques amas calcaires à la base.
- 34 - 72 cm : Horizon olive pâle D 82, à taches ocre, à nombreux amas calcaires blanchâtres et à quelques gravillons ferrugineux ; texture argileuse ; structure polyédrique moyenne moyennement développée, se déduisant assez bien des éclats détachés au piochon ; cohésion d'ensemble encore forte ; contient quelques cristaux blancs de feldspaths ; quelques cailloux de quartz marquent sa base.
- 72 - 110 cm : Horizon jaune pâle C 82 à taches beige et ocre ; nombreux cristaux de feldspaths blancs, amas terrocalcaires, concrétions manganifères noires, horizon durci dans le haut à structure peu développée, dans le bas, la structure est prismatique aplatie, moyennement développée, avec des faces de décollement horizontales nettes mais non patinées.
- 110 - 156 cm : Granite altéré où dominant actuellement les feldspaths.

Ce profil se distingue des précédents par couleur d'ensemble plus pâle, sa structure mieux développée dans le troisième horizon et dans le bas du quatrième horizon, sa ségrégation ferrugineuse constante à travers le profil, son taux de montmorillonite beaucoup plus faible : 40 % seulement, pour 30 % d'illites et 30 % de kaolinite (3ème horizon, VN 723). Les argiles du 2/1 restent encore largement dominants sur la kaolinite. On y retrouve :

- l'accumulation calcaire dès la base du 2ème horizon, et corrélativement un complexe absorbant faiblement alcalin,
- Le rapport sodium échangeable sur capacité d'échange très élevé : autour de 26 % dans tous les horizons, excepté l'apport superficiel sableux.
- La porosité totale faible et la macroporosité très faible en profondeur.
- Les caractéristiques ^{structurales} analytiques/sodiques : perméabilité nulle tout le long du profil (excepté l'apport superficiel sableux), indice d'instabilité structurale très élevé (8.9 dans le 3ème horizon, et 8.4 dans le 4ème horizon).

La tendance verticale se marque par l'apparition de la structure prismatique aplatie.

d) Séries à halomorphie plus faible

Nous avons groupé dans cette série des sols où le rapport sodium échangeable sur capacité d'échange s'abaisse beaucoup par rapport aux séries typiques précédentes, tout en restant supérieur au seuil critique de 7.5 % (9 % dans le profil VN 61, et 12-13 % dans le profil VG 20), et où les autres caractéristiques morphologiques et analytiques restent identiques.

Mais l'action du sodium semble ici renforcée par la mauvaise cristallisation de la montmorillonite, et même de la montmorillonite et de l'illite : - dans le profil VN 51, le prélèvement 512 (28-100 cm) montre une fraction argileuse, une dominance d'argile du type 2/1, mais la montmorillonite très mal cristallisée au point qu'elle n'est plus reconnaissable et qu'elle a été appelée édifice gonflant indéterminé, ne représente plus que 20 % de la fraction argileuse, contre 50 % d'illite et 30 % de kaolinite.

- dans le profil VG 20, illite (qualifiée ici d'ouverte) et montmorillonite (80 %) dominent largement sur la kaolinite (20 %) mais elles sont très mal cristallisées au point qu'il est assez difficile de déterminer la part qui revient à chacun des deux minéraux.

Profil VG 20

Situation : Piste de Norguain à Niaogo, Km 20.4.
Plaine en forme de large butte très aplatie.

Végétation : Savane arbustive à Acacia senegal, Acacia gourmensis, Lannea velutina, avec quelques arbres : Sclerocarya birrhaja, Bombax costatum, Anogeissus leio-
carpus. Strate herbacée à base d'Andropogon gayanus

Description :

0 - 24 cm : Horizon brunâtre à nuances plus claires ; faiblement humifère ; sabloargileux ; structure à nette tendance prismatique large ; cohésion forte ; assez bonne porosité tubulaire ; présence de petits gravillons ferrugineux ; repose sur une couche gris blanchâtre.

24 - 53 cm : Horizon brun gris F 62 à taches beige clair (migration de sables fins), brun rouille pâle, mal délimitées ; concrétions noires et concrétions ocre friables ; texture argileuse à argilosableuse contenant quelques gravillons ferrugineux ; structure prismatique assez large à faible tendance columnaire vers le haut et développée par des fentes de dessiccation verticales ; cohésion très forte ; quelques amas calcaires gris cendre ; porosité tubulaire moyenne à faible.

53 - 105 cm : Horizon brun olive pâle E 74, à nombreuses fines taches jaunes, petites concrétions noires et quelques taches noires ; texture argileuse à nombreux gravillons ferrugineux ; très nombreux amas et taches calcaires gris cendre ; dans quelques plages, on reconnaît de petits cristaux de feldspaths et des lamelles de mica ; horizon très durci à structure très peu développée, les éclats se cisailent en polyèdres grossiers à moyens à cohésion très forte ; quelques fentes de dessiccation verticales.

La diminution de l'action sodique semble se traduire par une amélioration de la perméabilité, mais l'indice d'instabilité structurale reste très élevé (9.7) et on comprend mal que la perméabilité ne soit pas nulle, du reste elle est très faible dans le prélèvement VG 202.

1.2- Caractères généraux

a) Conditions de formation

La grande dominance des argiles du type 2/1 et principalement de la montmorillonite, signale des conditions de formation identiques à celles des vertisols, mais ici le milieu de formation très alcalin est très riche en sodium. On trouve par exemple dans l'horizon d'altération du profil VN 70, un rapport sodium sur capacité d'échange de 40 %. Cette proportion énorme de Na dans le milieu originel explique que cet élément qui en fait est réputé être mal retenu par le complexe absorbant soit représenté aussi largement dans ce dernier. Cependant, ces sols sont aussi très riches en calcium puisque l'accumulation calcaire est une de leurs caractéristiques constantes. Il semble, si on se réfère au profil VN 70, que cette accumulation calcaire soit un phénomène d'origine plus pédologique que pétrographique : on constate en effet que le matériau originel est très riche en sodium, ce dernier est dominant sur le calcium, dans l'horizon B, le calcium devient nettement dominant sur le sodium. Il y a donc, soit apport de calcium soit lessivage du sodium.

Les granites à amphiboles qui donnent naissance à ces sols doivent être très probablement riches en feldspaths à dominance sodique (les granites prélevés n'ont pas encore fait l'objet d'analyses pétrographiques). La paragenèse "carbonate-montmorillonite" si typique des vertisols se retrouve ici.

b) Caractères morphologiques et analytiques

b1.- Couleur et différenciation du profil

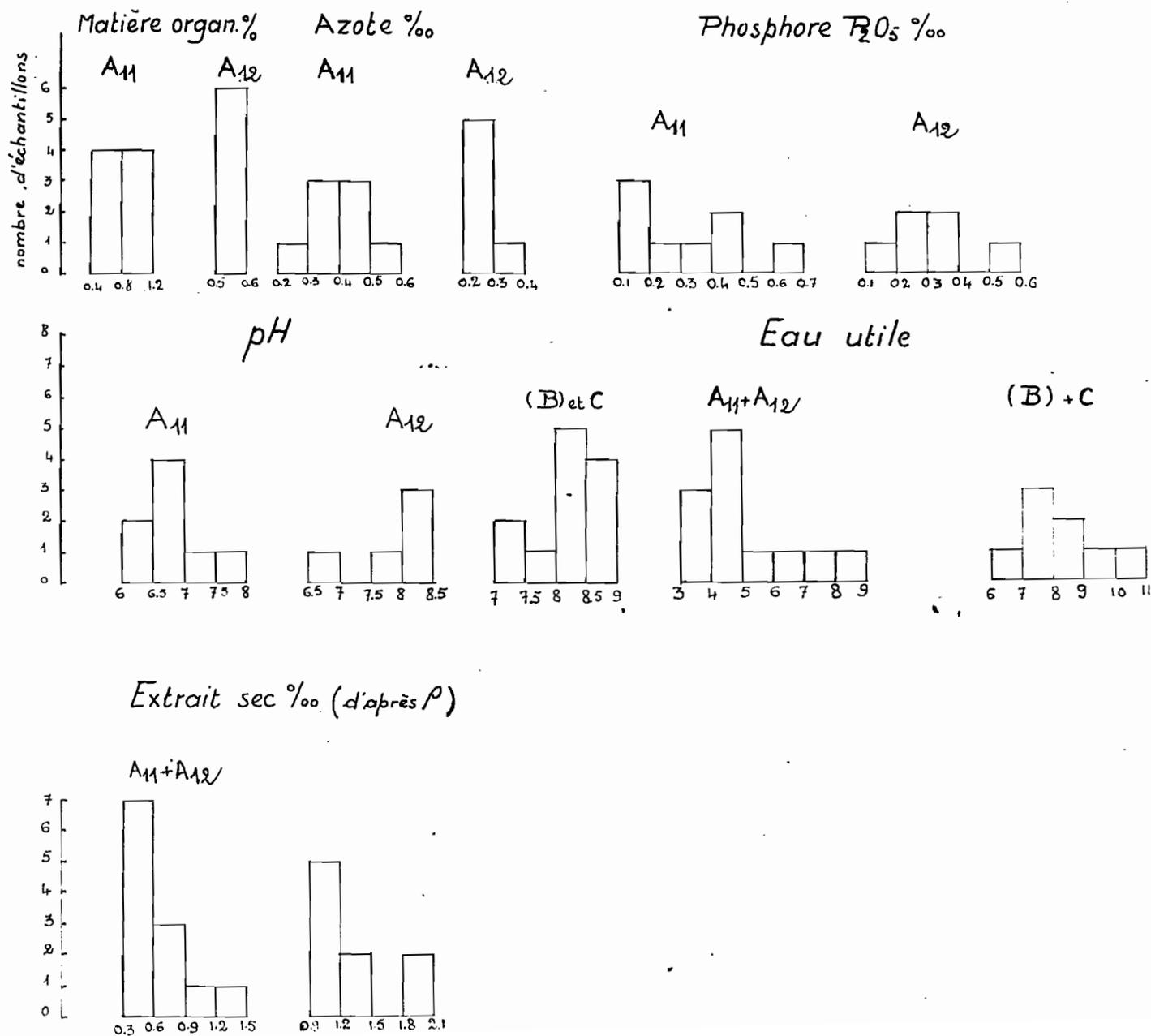
La couleur est sensiblement la même que dans les vertisols, cependant elle tend à être un peu plus pâle ici, mais nous connaissons des vertisols de même couleur.

Le profil est toujours de type ABC avec un B structural à caractéristiques analytiques sodiques.

b2.- Matière organique

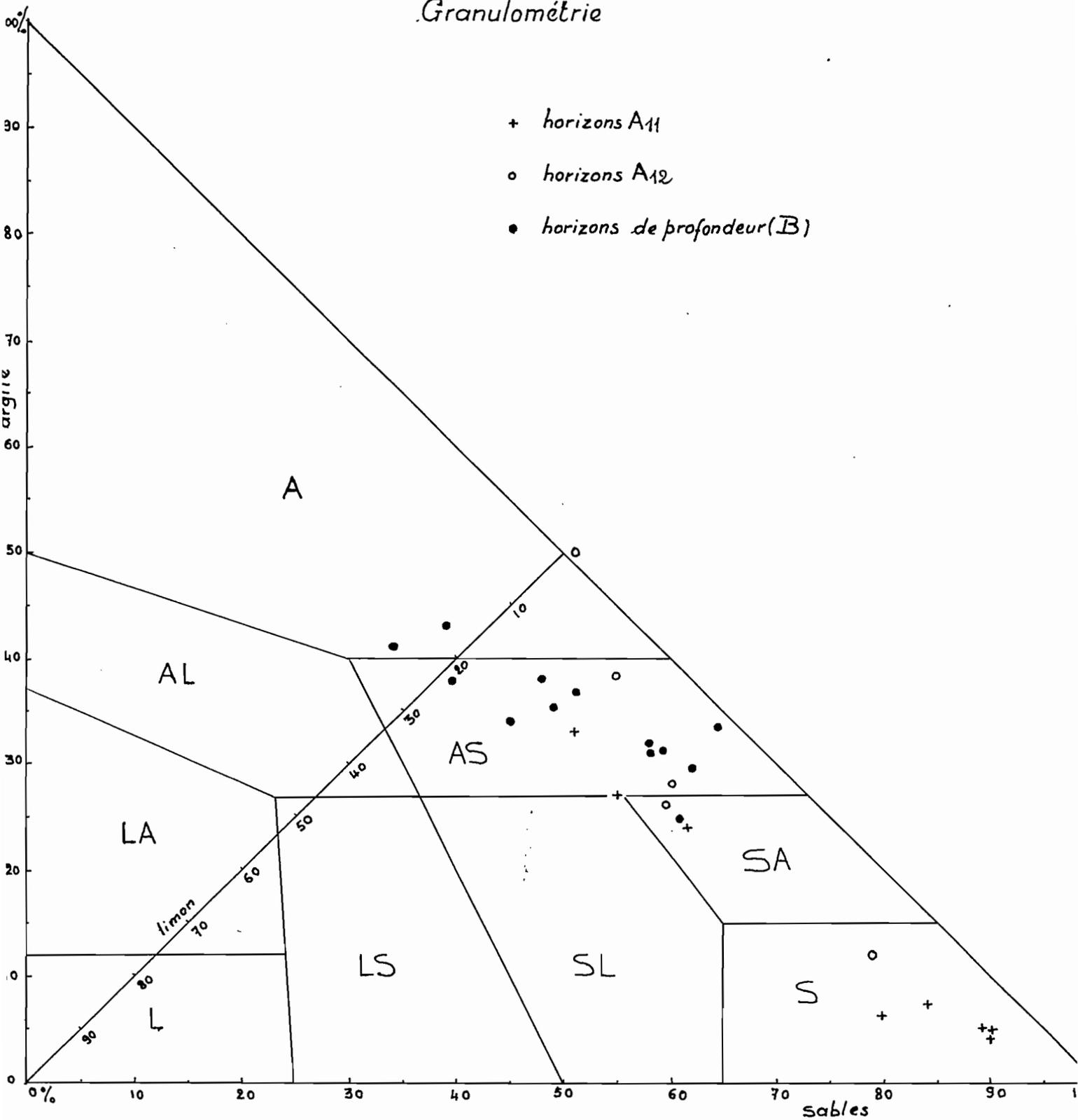
La matière organique est très peu abondante dans ces sols : la teneur maximale en matière organique des horizons A1 est de

16. Sols halomorphes sur argile finement sableuse



17. Sols halomorphes sur argile finement sableuse

Granulométrie



1.2 % , et 50 % de ces horizons ont une teneur en matière organique inférieure à 0.8 %. Cette matière organique n'est pas bien répartie en profondeur.

Elle est du type bien évolué : les rapports C/N des horizons A11 oscillent entre 10.6 et 14 pour des sols vierges.

b3.- La texture et granulométrie (graphique N° 17)

Elle apparaît argileuse à argilosableuse sur le terrain, mais l'analyse granulométrique place les matériaux dans la classe argilosableuse, excepté le VN 70 qui est dans la classe argileuse. Les sols sont donc dans l'ensemble moins argileux que les vertisols, mais de nombreux vertisols ont aussi la même texture. Les horizons superficiels sont moins argileux, mais on ne peut en tirer aucune conclusion étant donné les remaniements que les matériaux ont subis.

b4.- Dynamique du fer

Nous retrouvons les valeurs élevées du rapport fer libre sur fer total, comme dans les vertisols, et les sols bruns eutrophes (graphique n° 16). Nous retrouvons aussi un rapport fer libre sur argile assez voisin de celui des vertisols : la fréquence maximum est ici dans la classe 8 - 10 %, au lieu de 10 à 12 % comme dans les vertisols.

Les argiles étant essentiellement du groupe montmorillonitique, les conclusions à la dynamique du fer sont les mêmes que pour les vertisols. Cependant ici, la ségrégation ferrugineuse quoique faible en regard des quantités de fer ^{élevées} et dans des sols très alcalins est plus fréquente que dans les vertisols.

b5.- Le complexe absorbant

- Minéralogie : Elle est la même que dans les vertisols. La montmorillonite domine largement dans la fraction argileuse. Le tableau ci-après donne la composition de la fraction argileuse de quelques échantillons :

Profils	Prélèvements	M Montmo- rillonite	G Feuillets Gonflants	I Illites	K Kaolinite
VG 20	VG 203	60		20	20
VN 36	VN 363	40		40	20
VN 51	VN 512		20	50	30
VN 70	VN 701	80		traces	20
	702	80		traces	20
	703	80		traces	20
VO 3	VO 32	50		10	40
	33	70		10	20
VN 72	VN 723	40		30	30
VY 76	VY 762	60			40
	763	90		traces	10
HA 14	HA 143	70		10	20

Les argiles gonflantes, essentiellement du groupe montmorillonite, représentent dans les horizons B, 60 à 90 % de la fraction argileuse, cette proportion s'abaisse à 40 % dans le prélèvement VN 723, tandis que dans le profil VN 51, qui fait exception, la montmorillonite, mal définie, se rapporte à un édifice gonflant indéterminé qui ne représente que 20 % de la fraction argileuse, mais les illites largement dominants (50 %) maintiennent la proportion d'argiles du type 2/1 à 70 %. La kaolinite dans les horizons B ne représente que 10 à 30 % de la fraction argileuse.

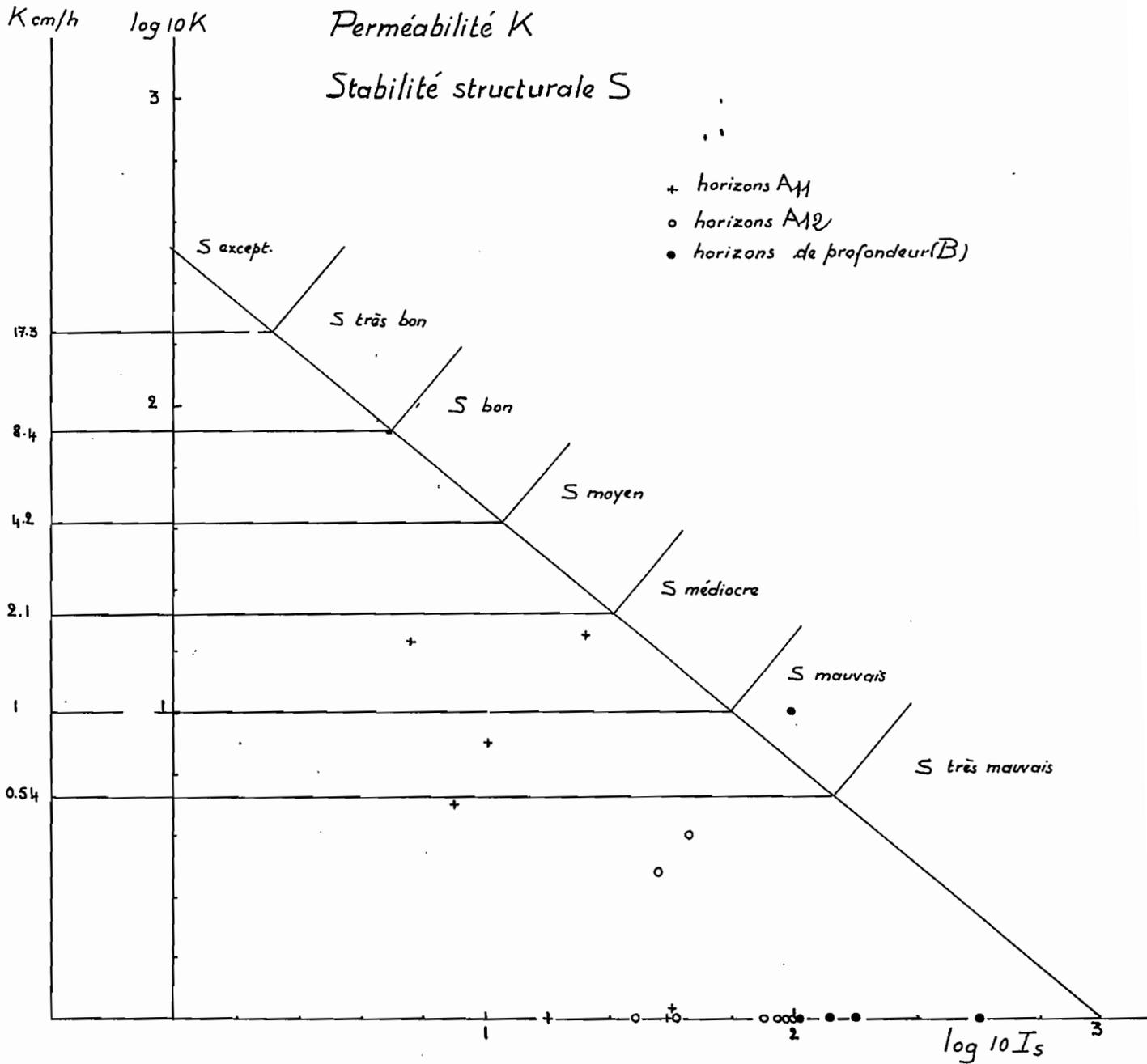
- Chimisme du complexe absorbant. - Il est sensiblement le même que pour les vertisols, au point de vue capacité d'échange de la terre fine et de la fraction argileuse. Une différence essentielle mais non spécifique à l'égard des vertisols est l'alcalinité beaucoup plus élevée que dans l'ensemble des vertisols, corrélative d'une forte proportion de sodium par rapport à la capacité d'échange et d'une accumulation calcaire constante dans tous les horizons B, le plus fréquemment sous forme d'amas calcaires ou terrocalcaires gris cendre, mais aussi sous forme de nodules et de concrétions calcaires.

18. Sols halomorphes sur argile finement sableuse

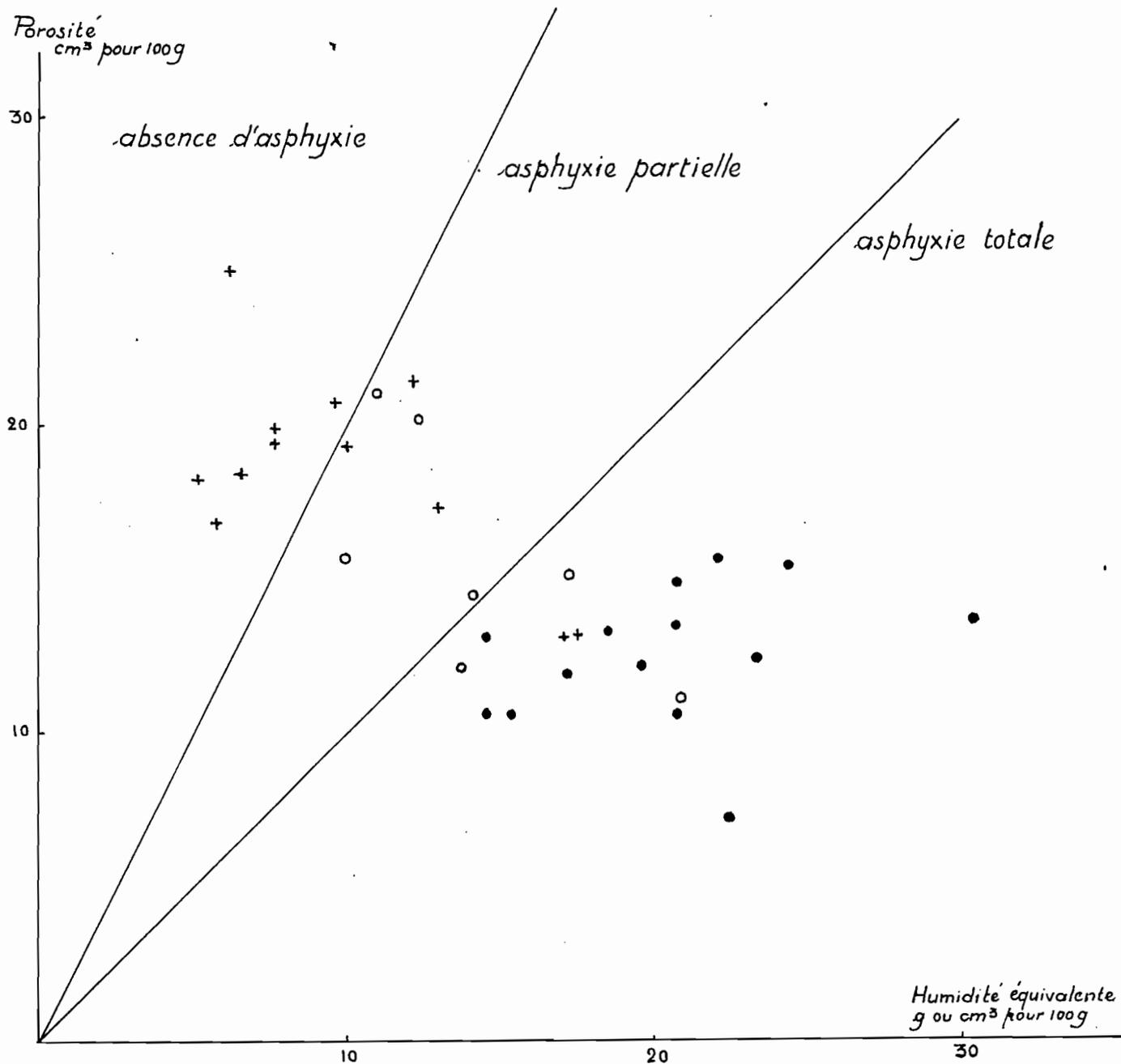
Indice d'instabilité structurale I_s

Perméabilité K

Stabilité structurale S



- + horizons A₁₁
- o horizons A₁₂
- horizons de profondeur (B)



Le pH des horizons B est toujours supérieur à 7. Il atteint 7.8 et même 8.3 dans certains échantillons pour les pH mesurés sur pâte de sol. Dans les mesures faites sur suspension de sol, (rapport sol eau de 1/2.5) les horizons B présentaient constamment des pH très alcalins de l'ordre de 8.5 à 8.8.

Les horizons A eux-mêmes sont souvent neutres à alcalins, deux prélèvements seulement présentent des pH faiblement acides : 6.1 pour le VG 201 (recouvrement sableux) et 6.4 pour le VG 202.

Corrélativement, le complexe absorbant est toujours saturé ou très proche de la saturation.

b6.- Caractéristiques structurales

- Structure : Dans les horizons B, la structure est souvent du type polyédrique, peu à mal développée : assemblage compact et cohésion d'ensemble forte ; horizons durcis.

Cependant, la structure polyédrique peut s'affirmer mieux (profil VN 72), une structure prismatique aplatie peut apparaître dans le bas (profil VN 72).

La manifestation des phénomènes de remaniements visibles dans les horizons A non sableux (fentes de dessiccation) est très faible dans les horizons B où ne subsistent souvent que de très fines fentes de dessiccation, non spécifiques d'argiles gonflantes, et cela malgré la dominance montmorillonitique.

- Tests HENIN : indice d'instabilité structurale et perméabilité (graphique n° 18) .- Tous les horizons B (excepté le VG 203 à résultats douteux) ont des comportements de terre sodique, à savoir : indice d'instabilité structurale très élevé (de l'ordre de 8 à 10 ou plus), et perméabilité nulle traduisant une forte dispersion des argiles.

Tous les horizons A non sableux ont une mauvaise stabilité structurale DABIN.

- La porosité .-(graphique n° 19).- Ces sols ont le même comportement que les vertisols, les horizons B se partagent entre les zones à asphyxie partielle et à asphyxie totale, traduisant ainsi une macroporosité faible à nulle.

Seuls quelques horizons A11 se situent dans la zone sans asphyxie.

2.- Famille sur matériaux argilosableux

2.1- Caractères généraux

Le matériau originel est argilosableux à sables grossiers. L'halomorphie est généralement plus faible (teneur en sodium relativement moins forte, mais encore comprise entre 8 et 16 % de la capacité d'échange). Certains sols sont donc au-dessous des 15 % admis par les auteurs américains (24) et même des 12 % fixés par G. AUBERT ; mais nous avons considéré plutôt la limite inférieure donnée par GREENE (22).

Les caractères solonchets tendent à se marquer plus fortement dans cette famille malgré une texture plus sableuse et une halomorphie plus faible que dans la famille précédente (VY 23, VY 12). Mais il faut signaler cependant une hydromorphie plus prononcée que dans cette dernière. La structure est typiquement à aspect massif, elle devient prismatique nettement colonnaire dans le haut ; la structure polyédrique grossière peut s'affirmer dans les types à tendance verticale avec alors quelques faces de glissement obliques ou horizontales patinées ou à tendance patinée. La cohésion est typiquement très forte et même parfois exceptionnelle, donnant l'aspect d'un véritable béton de sol.

Au point de vue analytique, on retrouve dans le matériau halomorphe de profondeur l'accumulation calcaire sous forme d'amas ou (et) de nodules, le pH alcalin et un complexe absorbant où la montmorillonite semble encore bien représentée. On y retrouve donc aussi cette paragenèse carbonate-montmorillonite typique des vertisols.

Les caractéristiques analytiques structurales sont à peu de choses près identiques à celles de la famille précédente : Indice d'instabilité structurale très élevé ($I_s = 6$ à 8), avec cependant un coefficient de percolation qui, s'il est très faible, ne s'annule pas toujours comme précédemment (K de l'ordre de $0.2 - 0.4$ cm/heure)

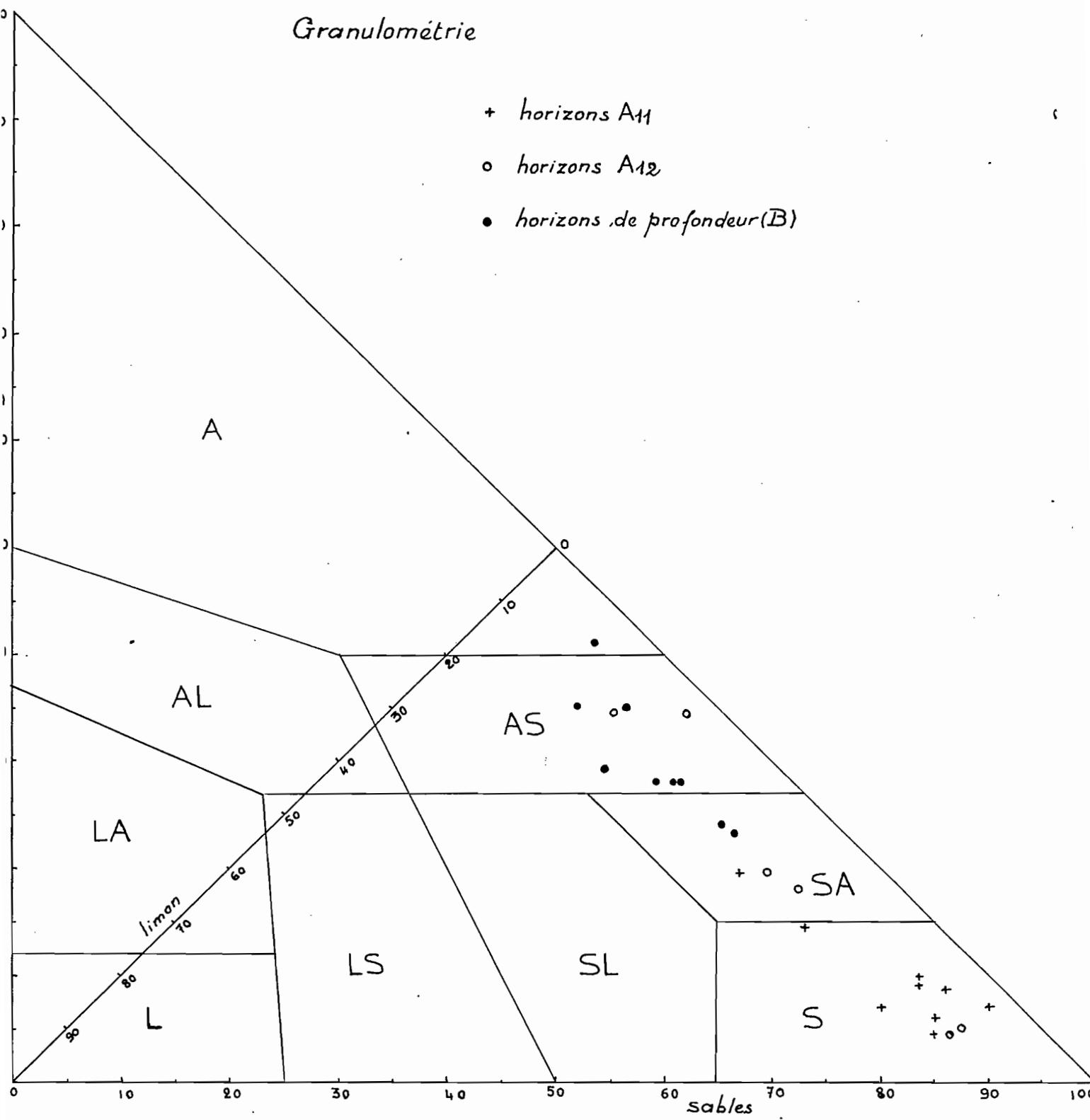
Le matériau halomorphe argilosableux qui lui-même est souvent remanié dans le haut, est recouvert par des apports sableux (dont nous avons pu observer la généralisation tout au long de ce rapport) et même polyphasés, argilosableux en profondeur (profil VW 10).

Dans certains cas, l'hydromorphie prononcée par arrêt

206. Sols halomorphes sur matériau argilo-sableux

Granulométrie

- + horizons A₁₁
- o horizons A₁₂
- horizons de profondeur (B)

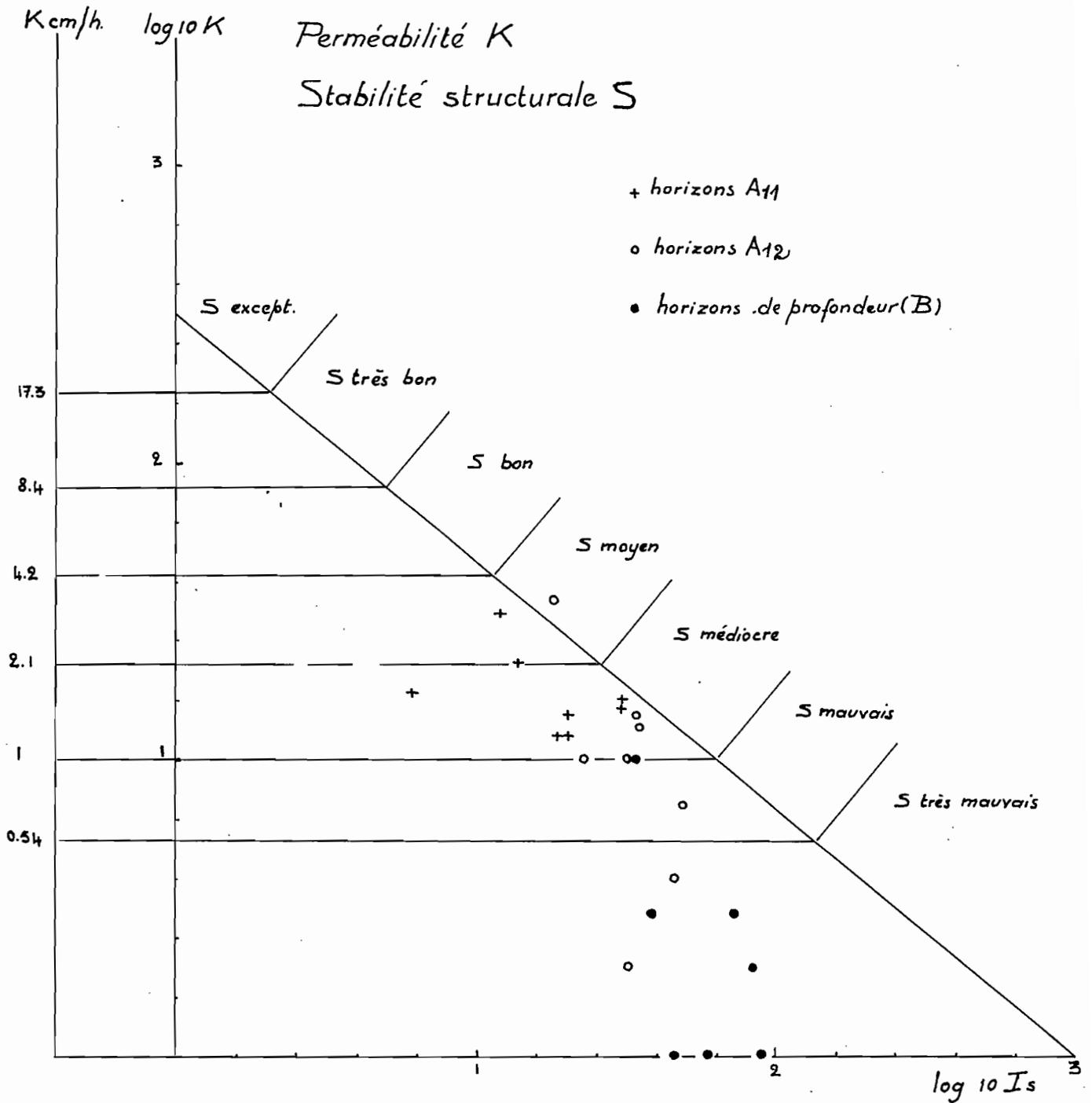


216. Sols halomorphes sur matériau argilo-sableux

Indice d'instabilité structurale I_s

Perméabilité K

Stabilité structurale S



des eaux de drainage sur le matériau halomorphe, provoque à la base des apports sableux, un blanchiment qui concerne soit une mince couche d'environ 1/2 cm, soit une simple fine ligne de dessiccation horizontale. Nous savons que ce caractère est considéré comme typique des sols lessivés à alcalis, mais ici nous considérons que c'est un phénomène très localisé qui n'intéresse pas l'ensemble de nos horizons superficiels dont la nature sableuse ne provient pas d'un lessivage des colloïdes. Il est même possible qu'il s'agisse ici de ces migrations de sables très fins blanchis qu'on trouve dans de nombreux sols hydromorphes, souvent sous forme d'un voilage blanchâtre masquant les taches sur les faces des agrégats. Du reste, on rencontre ici ces sables le long des fentes de dessiccation qui traversent les horizons superficiels eux-mêmes (profils VY 23, VY 22). Ces sables sont probablement ramenés d'ailleurs par la ruissellement, ils n'intéressent que les zones d'écoulement de l'eau. Il ne s'agit donc pas d'un lessivage généralisé, et, étant donné qu'il ne s'agit ^{que} de fines lignes de dessiccation ou au plus de mince couche de l'ordre de 1/2 cm à peine, nous avons maintenu ces sols dans les sols non lessivés à alcalis. On peut les considérer cependant comme intergrades vers les sols lessivés à alcalis. Cependant ces lignes blanchâtres qui ne sont déjà pas constantes pour les recouvrements sableux, disparaissent pour les recouvrements argilosableux où ils sont remplacés par une couche à structure polyédrique fine bien développée avec une cohésion d'ensemble ^{faible} sans lessivage d'argile (profils VW 10, VW 11).

Comme nous le voyons, l'hydromorphie est plus prononcée dans ces sols. Elle se traduit par une ségrégation ferrugineuse plus intense avec une couleur de type plus hydromorphe, gris clair à taches ocre à rouille ; mais la couleur peut aussi rester dans les tons clive pâle rappelant les sols de la famille précédente. Nous aurions pu différencier ici un sous-groupe hydromorphe, mais nous avons retenu essentiellement le caractère halomorphe du matériau argilosableux de profondeur et nous n'avons pas voulu multiplier les sous-groupes dans une légende déjà chargée et dans une classe assez insolite dans ces régions.

2.2- Etude monographique

a) Séries typiques

Profil VY 23

- Situation : Piste Barguiné Volta, Km 12.4.
Plaine à recouvrement sableux, pente très faible vers l'Est, inférieure à 1 %.
- Végétation : Savane très arbustive à Bauhinia sp., Acacia gourmensis, Combretum glutinosum, avec Gardenia sp., Butyrospermum parkii. Strate herbacée à base d'Andropogon gayanus, Cochlospermum tinctorium.
A la surface du sol, quelques boursouflures provoquées par des déjections d'animalcules.
- Description :
- 0 - 14 cm : Horizon gris beige à taches brun-rouille nombreuses ; faiblement humifère ; sableux faiblement argileux ; bonne porosité tubulaire due au travail de la microfau-
ne ; présence de fines racines limitée à la zone superficielle, en-dessous, quelques grosses racines ; structure peu développée ; éclats à cohésion assez forte, par endroits nette tendance prismatique avec des faces de décollement nettes.
- 14 - 27 cm : Horizon gris blanchâtre à taches rouille, peu humifère ; sable un peu plus argileux que précédemment ; structure prismatique peu développée dans l'ensemble ; nettement mieux développée par endroits grâce à de fines fentes de dessiccation avec des faces de décollement verticales recouvertes de terre gris blanchâtre sableuses de migration ; cet horizon repose sur le suivant par une mince couche plus gris blanchâtre, plus sableuse et à structure particulaire poudreuse.
- 27 - 120 cm : Horizon à taches ocre et gris clair vers le haut, devenant gris clair dans le bas, avec des taches ocre pâle et des cristaux blancs de feldspaths qui augmentent en nombre avec la profondeur ; quelques cailloux de quartz émoussés, plus fréquents dans le haut ; des concrétions noires manganésifères friables assez nombreuses ; texture argilo-sableuse à sables grossiers ; structure très peu développée à tendance prismatique, sauf dans le haut où elle est prismatique assez bien développée avec une nette tendance colonnaire et délimitée par des fentes de dessiccation verticales ; horizon très durci ; cohésion d'ensemble

très forte ; présence de quelques fines fentes de dessiccation ; quelques amas calcaires de couleur gris cendre dans le bas ; passe progressivement au granite en voie d'altération où dominent actuellement les éléments blancs : feldspaths et quartz.

Le profil se décompose en apports superficiels sableux de 27 cm recouvrant un matériau argilosableux provenant d'une altération de granite remaniée dans le haut en place vers le bas (alors plus halomorphe) et passant progressivement au granite altéré.

Le mauvais drainage se manifeste dès la surface par une ségrégation ferrugineuse qui s'intensifie dans le 2ème horizon par arrêt des eaux de drainage au-dessus du matériau argilosableux ; la zone de contact entre les deux types de matériaux soumise à un engorgement intense est gris blanchâtre et poudreuse. Cependant, les apports sableux gardent un pH faiblement acide (6.3 - 6.0) avec un complexe absorbant paraissant saturé dans le premier horizon et assez proche de la saturation dans le deuxième.

Le matériau argilo-sableux a une structure colonnaire dans le haut, massive dans le bas, avec une cohésion très forte, la couleur, témoigne d'une ségrégation ferrugineuse intense, il est typique de ce sous-groupe de sols.

Au point de vue analytique, il marque une certaine désaturation dans le haut (mais cette partie a été très probablement remaniée ou apportée : cailloux de quartz émoussés fréquents) tandis que dans le bas se produit une accumulation calcaire liée probablement à l'altération de la roche en place. La proportion du sodium par rapport à la capacité d'échange est assez élevée dans le haut (11 %), elle passe à 16 % dans le bas. Les caractéristiques analytiques structurales suivent cette variation : l'indice d'instabilité structurale élevé dans le prélèvement VY 233 est très élevée dans le VY 234. La perméabilité est très faible : 0.3 cm/heure. Le rapport fer libre sur fer total s'abaisse autour de 50 % marquant soit une tendance à l'accumulation ou au manque d'individualisation.

La capacité d'échange de la fraction argileuse atteint 44 méq pour 100g dans le prélèvement VY 233, et 54 méq dans le VY 234. Ces valeurs supposent une assez large représentativité de la montmorillonite dans la fraction argileuse. Ce matériau est donc au point de vue type d'altération au voisinage des vertisols.

b) Série à tendance verticale

Profil VW 10

- Situation : Piste de Wein (Wayen) à la Volta Blanche et Rapadama au Km 11.3.
Zone plane gris blanchâtre en surface, à affleurements de granite.
- Végétation : Maigre savane à Combretum glutinosum, Acacia gcurmensis, Lannea velutina, d'où émergent quelques Bombax cecstatum et Adansonia digitata - Strate herbacée à Andropogon gayanus et Cochlospermum tinctorium.
- Description :
- 0 - 24 cm : Horizon gris clair à taches brun rouille - Texture sablcargileuse - Faiblement humifère - Structure prismatique largement développée par des fentes de dessiccation verticales bien marquées - Porosité tubulaire assez bonne - Cohésion forte.
- 24 - 38 cm : Horizon gris blanchâtre à taches rouille dont certaines sont noirâtres au centre - Texture argilo-sableuse à sables très grossiers (graviers de quartz visibles), quelques petits gravillons recouverts d'une pellicule ocre - Structure prismatique allongée très bien développée par des fentes de dessiccation verticales bien marquées - Cohésion forte - Repose sur le suivant par une couche bien marquée à cohésion moyenne à faible, à structure polyédrique moyenne à petite bien développée.
- 38 - 65 cm : Horizon à taches ocre nombreuses et beiges - Texture argilosableuse à argileuse très collante - Structure prismatique assez bien développée - Cohésion très forte - Fentes de dessiccation verticales bien marquées.
- 65 - 140 cm : Horizon à taches ocre-jaune et beige ; texture argilo-sableuse ; structure fondue ; aspect de béton de sol à cohésion très forte ; avec cependant un débit polyédrique grossier, le piochon dégage aussi quelques faces de décollement plane horizontales non patinées dans le haut ; patinées dans le bas ; quelques nodules calcaires vers le bas.

à 140 cm : Horizon à couleur et texture identiques, à nombreux nodules calcaires et nombreux cristaux de feldspaths ; structure peu développée, du type polyédrique ; cohésion forte.

Les apports superficiels (0 - 38 cm) sont ici très hydromorphes avec une très intense ségrégation ferrugineuse sous forme de taches. La discontinuité avec le matériau argilosableux à tendance halomorphe est bien marquée malgré la nature argilosableuse du 2ème horizon, par la présence à la base de ce dernier d'une couche à cohésion moyenne à faible avec une structure polyédrique moyenne à petite bien développée et qui remplace la ligne de dessiccation qui sépare dans beaucoup de ces sols les apports sableux à sabloargileux des argiles vertiques qu'ils recouvrent.

Là encore, le matériau argilosableux halomorphe a une halomorphie plus marquée en profondeur (11 % de Na par rapport à la capacité d'échange), toujours liée à l'altération en place et corrélative d'une accumulation calcaire intense ici, et d'une genèse très notable de montmorillonite (capacité d'échange des argiles de l'ordre de 40 méq pour 100g). Cette présence de montmorillonite se manifeste ici par l'apparition de quelques faces de glissement obliques patinées. Les pH et les taux de saturation sont difficiles à interpréter ici, mais il n'y a pas de deferritisation en surface, si on s'en réfère au manganèse qui tend à s'y accumuler (taches ferromanganifères).

Au point de vue caractéristiques structurales analytiques, le comportement du 4ème horizon est celui d'une terre sodique : indice d'instabilité structurale très élevé et perméabilité tendant à être nulle (0.2 cm/heure).

Dans le profil VW 11, la couleur reste dans les tons olive, mais pâle, rappelant les vertisols :

Profil VW 11

Situation : Piste de Wayen à la Volta Blanche, à 15.1 Km - Zone plane à affleurements de granite, nombreux ici sur la droite ; pente inférieure à 1% - Surface du sol nettement hydromorphe : gris clair à gris blanchâtre, avec de nombreuses déjections d'animacules.

Végétation : Savane arbustive à Cymbretum sp., Acacia gourmensis,

Lanea velutina, Sclerocarya birrhea - Strate herbacée à base de Cochlospermum tinctorium et Andropogon gayanus.

Description :

- 0 - 22 cm : Horizon beige à taches rouille - Peu humifère - Texture sabloargileuse à argilosableuse - Structure prismatique large moyennement développée par des fentes de dessiccation verticales - Cohésion forte - Porosité tubulaire moyenne - Posé sur le suivant par une couche gris blanchâtre à cohésion moyenne à faible et à structure polyédrique moyenne à petite bien développée.
- 22 - 45 cm : Horizon olive pâle à taches rouille - Non humifère - Texture argilosableuse à argileuse - Structure prismatique large moyennement développée par des fentes de dessiccation verticales bien marquées - Cohésion très forte.
- 45 - 95 cm : Horizon olive pâle - Texture identique au précédent - Mais structure non développée - Cohésion très forte - véritable béton de sol - Quelques concrétions ferromanganésifères brun noir.
- 95 - 120 cm : Horizon gris clair à taches ocre - Texture identique au précédent - Structure peu développée, débit polyédrique grossier difficile à dégager - Quelques amas calcaires ; quelques concrétions ferromanganésifères brun noir ; quelques faces patinées.

Nous retrouvons à la base des apports superficiels sablo-argileux à argilosableux, hydromorphes, réduits ici à 22 cm, la couche de discontinuité avec le matériau argilosableux halomorphe, couche gris blanchâtre ici à cohésion moyenne à faible avec, comme dans le VW 10, une structure polyédrique moyenne à petite bien développée.

Dans le 2ème et le 3ème horizon, nous retrouvons les caractéristiques structurales de ces sols : structure prismatique large dans le deuxième horizon devenant massive dans le troisième horizon avec une cohésion très forte faisant de ce matériau un véritable béton de sol. La ségrégation ferromanganifère sous forme de concrétions brun noir se superpose à la ségrégation ferrugineuse sous forme de taches.

Dans le dernier horizon, la couleur devient gris clair à taches ocres, l'accumulation calcaire apparaît, mais ici sous forme d'amas, la tendance verticale se manifeste par quelques faces de glissement obliques patinées.

II.6.- LES SOLS HYDROMORPHES

PLAN D'ETUDE

A.- Définitions et principes de la classification.

B.- Sous-classe des sols hydromorphes minéraux

B.1- Groupe des sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble

B.1.1- Sous-groupe des sols à pseudogley à taches.

1.- Familles sur alluvions limonosableuses à argileuses.

1.1- Famille sur alluvions argileuses

- a) Séries à structure polyédrique moyenne à petite en surface.
- b) Séries à structure polyédrique moyenne à grossière avec une tendance prismatique.
- c) Séries à structure grossière à large en surface.

1.2- Famille sur alluvions limonosableuses à sablolimoneuses

2.- Famille sur argile à recouvrements

- a) Série bien structurée en profondeur et à tendance verticale.
- b) Série bien structurée en profondeur sans tendance verticale.

B.1.2- Sous-groupe à concrétions et taches

1.- Famille sur arène granitique argilosableuse

- a) Séries à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace.
- b) Série à taches et concrétions avec structure de type polyédrique moyennement à assez bien développée.

- c) Série intensément concrétionnée en surface (ou presque en surface) passant ensuite à un pseudogley à taches et à structure de type polyédrique moyenne à petite moyennement à assez bien développée.
- d) Série intensément concrétionnée passant à la carapace.

2.- Famille sur arène granitique gravelleuse

- a) Série à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace.
- b) Série à faible hydromorphie : quelques concrétions manganifères.
- c) Série à concrétionnement essentiellement manganifère et bien marquée.
- d) Série à intense concrétionnement ferrugineux ou ferromanganifère.

3.- Famille sur argile vertique et gravillons ferrugineux

- a) Série sans recouvrement
- b) Série à recouvrements sableux à sabloargileux
- c) Série à recouvrements épais sableux à sabloargileux puis argilosableux
- d) Série à recouvrements argileux à tendance vertique à brun entrophe.

4.- Famille sur gravillons et cailloux

- a) Série caillouteuse sur démantèlement de pegmatite
- b) Série gravillonnaire et caillouteuse

B.2- Groupe des sols à pseudogley de profondeur

B.2.1- Sous-groupe des sols à pseudogley à concrétions (et taches)

1.- Famille sur arène granitique gravelleuse.

- a) Séries gravelleuses sur l'ensemble du profil
- b) Séries à recouvrements polyphasés à tendance ferrugineux tropical

2.- Famille sur gravillons à recouvrements divers.

- a) Série à faible hydromorphie et néo-concrétionnement essentiellement manganifère.

- b) Série à néoconcrétionnement intense
- c) Série à néoconcrétionnement très intense passant à la carapace.
- d) Série à hydromorphie subactuelle à carapace.

3. - Famille sur graviers et cailloux à recouvrements sableux.

- a) Série gravelleuse à caillouteuse à recouvrements sableux.
- b) Série gravillonnaire à recouvrements sableux
- c) Série gravillonnaire à recouvrements sableux un peu plus argileux en profondeur.

4. - Famille sur arène granitique argilo-sableuse à recouvrements.

4.1. - Genèse et discussion de la classification.

4.2. - Etude des séries.

4.2.1. - Recouvrements polyphasés argilo-sableux à sablo-argileux et sableux.

- a) Sols à intense concrétionnement
- b) Sols à grandes taches rouges à rouille et à concrétions.
- c) Sols de bas de pente à taches et quelques concrétions.
- d) Sols à carapace ferrugineuse ou ferromanganifère.

4.2.2. - Recouvrements sableux

- a) Sols à carapace ancienne en profondeur.

5. - Famille sur alluvions sablo-argileuses à argilo-sableuses.

- a) Les sols bien drainés en surface
- b) Les sols mal drainés en surface et sur tout le profil

6. - Famille sur argile à gravillons ferrugineux et recouvrements.

B.2.2. - Sous-groupe des sols à taches.

1. - Famille sur argiles à recouvrements.

- a) Série bien structurée et verticale en profondeur sur argile dérivée de schistes.
- b) Série sur argile gravelleuse dérivée de schistes.
- c) Série bien structurée et verticale en profondeur sur matériau plus ou moins alluvial.
- d) Série bien structurée reposant sur cuirasse ancienne.

2. - Famille sur alluvions diverses.

A/- DEFINITIONS ET PRINCIPES DE LA CLASSIFICATION

1°- DEFINITIONS

La classe des sols hydromorphes groupe l'ensemble des sols dont l'évolution est dominée par la présence dans le profil d'un excès d'eau au moins à certaines périodes.

Cet excès d'eau a de multiples origines qui ont été bien spécifiées par R. MAIGNIEN (30). Ce sont :

- a) L'intensité et la répartition des précipitations. La concentration en zone soudanienne de fortes quantités de pluie en quelques mois, jointe à la géomorphologie de plaine, est un facteur déterminant des phénomènes d'hydromorphie (a).
- b) La présence de nappes.
- c) La position topographique et le modelé géomorphologique.
- d) Les phénomènes d'inondation .
- e) Le facteur sol : texture, structure, constituants argileux, dans ce cas, l'hydromorphie est d'origine interne ou pétrographique.

L'excès d'eau détermine des conditions asphyxiantes et réductrices qui vont orienter la dynamique du sol. Il se traduit généralement par :

- a) Une tendance à l'accumulation de matière organique mal évoluée, à C/N élevé, à caractère acide, mais dans les sols à hydromorphie temporaire des zones soudanienne, ce phénomène joue beaucoup moins parce que les sols avant d'aboutir à la dessiccation passent par un stade d'humidité et de température optimum pour la décomposition de la matière organique. ce même processus doit jouer à la réhumidification.

(a) Voir au chapitre de l'étude du climat : le drainage mensuel

- b) Une ségrégation des hydroxydes de fer et de manganèse sous forme de taches, trainées, concrétions ou cuirasse. Les taches de fer sont du type oxydé ou du type réduit selon le potentiel d'oxydoréduction du milieu.
- c) Une accumulation calcaire dans certains cas, sous forme de nodules, de concrétions ou de simples amas calcaires à aspects variés.

Ces trois manifestations de l'hydromorphie servent de base à la classification, l'accumulation de matière organique intervient au niveau de la sous-classe, tandis que la ségrégation ferrugineuse et manganifère, l'accumulation calcaire interviennent dans la différenciation des sous-groupes. Mais nous avons pu constater en zone soudanienne une quatrième manifestation des phénomènes d'hydromorphie, à savoir la structuration de certains matériaux argileux.

Nous pensons qu'étant donnée la rapidité avec laquelle peut apparaître la ségrégation ferrugineuse, ces phénomènes de structuration sont aussi importants que cette dernière. La structure et la cohésion représentent la synthèse de la dynamique du sol et doivent intervenir à un niveau supérieur à la série. Par ailleurs, les alternances de dessiccation et d'humectation atteignent une grande amplitude dans certains sols à engorgement temporaire : c'est là une condition nécessaire au développement de la structure, et une condition première qui apparaît comme un processus fondamental d'un engorgement temporaire.

2°- CLASSIFICATION

La classe des sols hydromorphes est divisée en 2 sous-classes :

- a) Les sols hydromorphes organiques à teneur très élevée en matières organiques peu évoluées sous l'action d'un engorgement total et permanent, souvent même d'une submersion totale. Cette sous-classe ne nous intéresse pas dans le cadre de nos études sur les Voltas Blanche et Rouge.
- b) Les sols hydromorphes minéraux.

b.1- Sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble
(gley et pseudogley).

Nous avons distingué deux sous-groupes d'après la nature de la ségrégation ferrugineuse :

- sous-groupe à pseudogley à taches,
- sous-groupe à pseudogley à concrétions et taches.

Nous retrouvons la ségrégation ferrugineuse sous forme de taches dans le deuxième sous-groupe (car, si du point de vue théorique unedistinction s'impose entre taches et concrétions, il est difficile de les séparer du point de vue pratique (cartographie) taches et concrétions coexistent très souvent avec des proportions très variables.

Nous n'avons distingué les sols à hydromorphie ancienne qu'au niveau de la série (nos groupes de séries correspondent souvent à la notion actuelle de faciès que nous n'avons pas voulu employer pour éviter une surcharge de la carte) pour les raisons suivantes :

- imbrication complexe de ces différents sols,
- et surtout difficulté dans notre cas particulier de distinguer les effets d'hydromorphie ancienne de ceux d'hydromorphie actuelle,
- superposition fréquente des effets de l'hydromorphie ancienne à ceux de l'hydromorphie actuelle.

Nous retrouvons ce problème pour les sols à hydromorphie de profondeur.

Rappelons ici que la classification en sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble et à hydromorphie de profondeur, bien qu'étant essentielle est délicate et ne peut être rigoureuse. Nous considérerons généralement comme hydromorphie de surface celle qui affecte tout ou partie des 40 premiers centimètres, et dans le cas où elle n'affecte pas la partie superficielle, elle doit être généralement bien prononcée dans le reste des 40 premiers centimètres. Il n'y aura cependant pas de limites rigoureuses entre les 2 groupes de sols et il arrivera que certains sols, bien qu'hydromorphes dans la partie inférieure des 40 premiers centimètres, soient classés en sols à pseudogley de profondeur à cause d'une hydromorphie beaucoup plus intense en profondeur.

Nous aurions aimé pouvoir différencier les sols à structure bien développée au niveau du sous-groupe au même titre que les sols à taches ou même à concrétions, cela n'a pas été possible dans le cadre actuel de la classification, nous retrouverons donc ces sols au niveau de la série.

b.2- Sols à pseudogley de profondeur,

Nous avons distingué les mêmes sous-groupes que précédemment.

B/- SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX

B.1- Sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble

B.1.1- Sols à pseudogley de surface ou d'ensemble à taches

1.- Familles sur alluvions limonosableuses à argileuses

Nous avons réuni ensemble ce groupe de familles pour des raisons de cartographie. Sur une carte au 1/200.000ème, il nous était impossible de différencier les alluvions argileuses des alluvions limonosableuses à sablolimoneuses, étant donné leur faible développement.

1.1- Famille sur alluvions argileuses

Les alluvions argileuses occupent les plaines d'inondation actuelle. De ce fait, elles représentent le type même des sols à hydromorphie (pseudogley) de surface ou d'ensemble, mais de part la nature du matériau originel, ces sols présentent très souvent une structuration fine caractéristique qui semble devoir être dans ces sols un caractère au moins équivalent à la présence des taches.

Dans les vertisols, la famille détermine pratiquement la classe ; ici il semble que cette structuration soit liée en même temps à une dynamique précise de l'hydromorphie et à la nature des

minéraux argileux qui semblent devoir contenir une proportion notable d'illites.

La différenciation de nos groupes de séries est basée sur les caractéristiques structurales.

a) Série à structure polyédrique moyenne à petite en surface.

Cette série est la plus typique des sols de ce sous-groupe.

Profil V 8

Situation : Route Ouaga-Kaya, à 11.3 Km de la Volta, à droite de la route en bordure du marigot.
Dépression : lit majeur d'un bras de la Volta.

Matériau originel : Alluvions argileuses d'un affluent de la Volta.

Végétation : Aspect physionomique : Savane arbustive et très herbacée.
Composition floristique par strates :
- strate arbustive : essentiellement Mitragyna inermis
- Strate herbacée virougeuse, essentiellement à Vetiveria nigritana.

Description :

0 - 20 cm : Horizon constitué de taches beige et ocre, réparties de façon homogène ; paraissant faiblement humifère à matière organique bien décomposée - Texture argileuse - Structure : horizon à aspect brisé en surface à structure polyédrique moyenne à petite à tendance grumeleuse bien développée, et surtout dans les zones à forte concentration de racines, par ailleurs la structure est polyédrique moyenne assez bien développée, plus grossière par endroits, mais se réduisant alors facilement en polyèdres moyens à petits ; cohésion d'ensemble moyenne à faible - Bonne porosité d'agrégats et bonne porosité tubulaire par pores moyens.

- 20 - 40 cm : Horizon à taches gris-cendre et ocre, se différenciant dans le profil par une dominance de taches ocre ou brunes ; peut être encore humifère à matière organique de migration - Texture argileuse - Horizon plus cohérent - structure polyédrique grossière à très grossière à cohésion moyenne se réduisant facilement sous les doigts en polyèdres moyens à petits ; horizon frais ; assez bonne porosité d'agrégats - porosité tubulaire moyenne.
- 40 - 160cm : Horizon constitué de taches gris-cendre et brun-ocre, ces dernières dominant, les taches sont réparties de façon homogène jusque dans le bas. Texture et structure sont identiques à celles de l'horizon précédent, mais la structure s'élargit ici en profondeur avec une assez nette tendance prismatique, la cohésion devient alors forte, la porosité faible.

La structure polyédrique moyenne bien développée en surface tendant à être plus fine et grumeleuse dans les zones à forte concentration radiculaire s'élargit à mesure qu'on descend en profondeur, en même temps que la cohésion moyenne à faible en surface passe à forte en profondeur.

Ce type de sol, caractérisé par une structure de surface relativement fine bien développée corrélative d'une cohésion moyenne à faible est une entité largement développée et bien connue des paysans dans la Haute Vallée du Niger. Les termes vernaculaires "Dakissédougou" (signifiant : graines de "dâ", c'est-à-dire terre ayant l'aspect de graines de "dâ" ou Hibiscus sabdariffa), et "Bouya" (signifiant facile à travailler, c'est-à-dire à cohésion moyenne à faible) sont d'une précision évocatrice rarement égalée. Ces caractéristiques structurales sont d'autant plus frappantes que ces sols sont toujours très argileux, au moins dans les horizons superficiels et qu'ils sont bordés en Haute Vallée du Niger (Plaine de Bankoumana particulièrement) par des sols hydromorphes à pseudogley de surface et d'ensemble à taches sur matériau limonoargilosableux, avec une structure large et une cohésion très forte en surface qui justifie le terme vernaculaire de "Faraguélin" (de "Fara" inondé, et "Guélin" dur).

La genèse de ces sols "Bouya" est toujours liée à un matériau originel franchement argileux, une hydromorphie d'inondation qui peut être intense, mais qui doit rester très temporaire, un apport de grandes quantités de fer par les eaux d'inondation, le maintien de l'horizon de surface en-dehors de l'action éventuelle de la nappe de

profondeur. Nous avons montré en Haute Vallée du Niger (26) que la persistance des phénomènes d'hydromorphie en surface amenait un élargissement de la structure de ces sols, de même que les variations texturales de l'horizon superficiel. Cette structure de surface semble donc être une synthèse plus complète de la dynamique des horizons superficiels que la ségrégation ferrugineuse.

Le profil V8 est argileux sur son ensemble, l'horizon superficiel se distingue par une richesse plus grande en fer libre et fer total. Il n'y a pas accumulation de matière organique en surface, celle-ci est très moyennement représentée (1.4 %), et son rapport C/N très faible (10) indique une très bonne évolution : ce sont des caractéristiques d'une hydromorphie très temporaire.

Le pH est acide sur l'ensemble du profil et pratiquement constant (5.0), le complexe absorbant est très moyennement saturé (V = 55 à 60 %). Nous retrouvons des pH identiques dans les horizons superficiels de certains sols "bouya" de la Haute Vallée du Niger, mais il s'agit de rizières exploitées depuis de longues dates et le pH peut remonter dès le deuxième horizon à 5.5 ou 6.5.

La capacité d'échange des argiles, constante à travers le profil et de l'ordre de 37 méq pour 100g, indique une bonne représentativité des illites. On retrouve dans la Haute Vallée du Niger des valeurs d'environ 25 méq par 100g. La somme des bases est bonne (16 à 19 méq pour 100g de terre).

Si la structure est bonne en surface, par contre sa stabilité est mauvaise ($I_s = 3.10$), la perméabilité est faible (1 cm/heure). Ces caractéristiques analytiques se maintiennent en profondeur pour la perméabilité mais se dégradent encore pour la stabilité structurale. Nous n'avons pas encore dépouillé ces résultats pour les sols de la Haute Vallée du Niger.

Les réserves minérales sont appréciables par rapport à la somme des bases échangeables, sauf dans le dernier horizon où leur baisse s'explique difficilement.

- b) Série à structure polyédrique moyenne à grossière avec une tendance prismatique

Profil VT 7

- Situation : Sur la piste de Komkaga au Massili, à 13.7 Km de Komkaga ; dans les alluvions récentes du Massili, zone basse incendiée en saison des pluies.
- Végétation : Zone basse à Bauhinia sp., Myrtagyna inermis, Hygrophyla sp., Vetiveria nigriflora - Sur le sol : lamelles superficielles fendillées.
- Description :
- 0 - 26 cm : Horizon gris clair à taches ocre mal délimitées, nombreuses comme surajoutées sur le gris, paraissant très peu humifère - Texture argileuse à argilo-limoneuse - Structure polyédrique grossière et moyenne assez bien développée, parfois bien développée à surstructure prismatique large par endroits ; cohésion d'ensemble assez faible - Bonne porosité d'agrégats et fine porosité tubulaire moyenne - Racines de graminées assez denses par endroits.
- 26 - 70 cm : Horizon gris blanchâtre à beige clair à taches ocre nombreuses, mais assez petites, et à taches noires ou noirâtre manganifères..., on a aussi des taches ocres estompées - Texture argileuse à argilo-limoneuse - Structure polyédrique moyenne à polyédrique grossière à sous-structure polyédrique moyenne assez bien à bien développée et surstructure à tendance prismatique allongée, non humifère - Bonne porosité d'agrégats et de petits pores tubulaires donnant une porosité moyenne - Cohésion d'ensemble faible.
- 70 - 125 cm : Horizon gris blanchâtre à taches ocre et ocre rouille nombreuses et à taches noires manganifères, peu ou non humifère - Texture identique au précédent paraissant un peu plus argileuse - Cohésion d'ensemble moyenne ici devenant même assez forte dans le bas - Structure prismatique à tendance polyédrique grossière à moyenne assez bien développée, sous-structure polyédrique moyenne à grossière, moyennement développée - Horizon en somme plus compact et moins bien structuré.

On retrouve en surface la cohésion faible, mais la structure tout en restant relativement petite est plus grossière, la dégradation est encore plus accusée par la superposition d'une sur-structure prismatique. Corrélativement, on constate :

- ^{un} abaissement des quantités de fer libre et de fer total et du rapport fer libre sur fer total qui passe d'environ 11 % dans le prélèvement 81, à 7.5 % dans le prélèvement VT 71,
- une texture plus limoneuse que dans le profil V8, mais mal reflétée par les analyses granulométriques réciproques.

Cette structure de surface moins bonne se maintient ici sur l'ensemble du profil. Comme dans le VL 8, la matière organique peu abondante et bien évoluée caractérise une hydromorphie très temporaire. La capacité d'échange des argiles est beaucoup plus faible ici, de l'ordre de 23 méq pour 100g d'argile, corrélativement la capacité d'échange de la terre fine est plus faible. L'acidité et la saturation du complexe absorbant restent assez identiques à celles du profil V 8, la somme des bases échangeables est plus faible.

Les caractéristiques analytiques structurales restent identiques à celles du profil précédent.

c) Série à structure grossière à large en surface
(dans l'horizon superficiel)

Lorsque les phénomènes d'hydromorphie sont plus persistants dans l'horizon superficiel et moins dans le 2ème horizon, ou lorsque la texture devient plus limoneuse ou plus sableuse en surface, c'est le deuxième horizon qui marque alors la structuration. Nous avons rencontré ce phénomène dans la cuvette de Ségaga, au Mali, où l'hydromorphie essentiellement de surface mais probablement un peu trop persistante dans l'horizon superficiel pourtant argileux, donne à ce dernier une structure prismatique large, tandis que le deuxième horizon marque une structure polyédrique moyenne à petite bien développée, une cohésion d'ensemble faible à moyenne.

Nous rattacherons à ce type de sol le profil VL 52.

Profil VL 52

- Situation : Sur la piste de Limnoghén vers Togom, à 12.9 Km de Limnoghén.
Lit majeur du talweg situé après Togom, profil à 100 m du lit mineur.
- Végétation : Savane bien arborée à Butyrospermum parkii, Parkia biglobosa, Ficus sp., Terminalia macroptera bien venus, Bauhinia sp. ; Myragyna inerms - Strate herbacée à Schizachyrium^{sp.} et Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon à aspect d'ensemble gris brunâtre à tendance bleutée, en réalité gris bleuté à taches ocre imprécises ; humifère avec un feutrage de matière organique non décomposée, pailleuse en surface ; texture argilolimoneuse - Structure prismatique large - Sous structure polyédrique très grossière à large - Cohésion assez forte - Porosité faible assurée par quelques pores tubulaires.
- 15 - 72 cm : Horizon tacheté ; taches noires manganifères, brunes, brun rouille, gris blanchâtre, rouille à centre noir, parfois en voie d'induration - Horizon encrêpe humifère à matière organique de migration - Texture argileuse à argilolimoneuse - Structure polyédrique grossière assez bien développée à sousstructure polyédrique moyenne, moyennement développée et à surstructure à tendance prismatique - Porosité uniquement d'agrégats, moyenne.
- 72 - 110cm : Horizon identique, mais ici le fond est gris clair à très nombreuses taches rouille, parfois noires au centre et en voie d'induration, l'emportant sur le fond gris - Texture identique mais non humifère ici - Structure fondue : le picchon débite des éclats qu'on peut réduire en polyèdres grossiers à cohésion forte, cohésion d'ensemble forte.

Les phénomènes d'hydromorphie s'avèrent plus persistants ici en surface : accumulation nettement plus forte de matière organique avec un rapport C/N nettement élevé, avoisinant 17, un feu-

trage de matière organique pailleuse en surface et ce doit être là avec la texture argilolimoneuse le facteur déterminant de l'élargissement de la structure.

Dans le deuxième horizon, la texture moins limoneuse donc relativement plus argileuse, jointe à un engorgement moins prononcé, détermine une structure relativement petite de type polyédrique grossier à moyen, mais il subsiste une surstructure prismatique. Cependant, les quantités de fer libre et de fer total, le rapport fer libre sur fer total sont sensiblement les mêmes qu'en surface.

Le dernier horizon a une dynamique assez semblable à celle du premier, mais ici la structure est massive avec une faible tendance polyédrique grossière.

La structure morphologiquement meilleure dans le deuxième horizon est analytiquement moins bonne : la bonne teneur en matière organique du premier horizon intervient pour lui donner une meilleure stabilité structurale, encore très moyennée au point de vue absolue, cependant que la perméabilité reste faible. Dans le deuxième horizon, au contraire, la stabilité structurale (inverse de l'instabilité structurale) est mauvaise alors que la perméabilité est moyenne.

Dans le profil VMK 19, la structure large est du type peu développée sur l'ensemble du profil.

Profil VMK 19

- Situation : Piste boussole Nord partant du Km 6.9 de la piste boussole Ouest de Markaraga à la Volta Blanche. Le profil est situé à 9.1 Km du départ de la piste, dans une zone basse bordant un affluent important de la Volta, le Bomboré qui s'encaisse de 3 à 4 mètres dans ses alluvions.
- Végétation : Savane arborée à Daniellia oliveri, Pterocarpus erinaceus, Ficus sp., Butyrospermum parkii, Combretum glutinosum arborescent - Strate arbustive à Gardenia sp. - Strate herbacée très bien venue à Schizachyrium sp.
- Description :
- 0 - 5 cm : Couche superficielle litée à cohésion faible avec sur

les faces, des strates des lamelles de matière organique pailleuse très mal décomposée.

- 5 - 23 cm : Horizon à fond gris un peu bleuté à taches de ton ocre à brun rougeâtre avec des petites taches plus ocre - Texture argilo-limoneuse - Structure peu développée à gros débit polyédrique à cohésion forte, devenant petite à nuciforme autour des racines - Porosité uniquement radriculaire.
- 23 - 50 cm : Horizon gris clair un peu bleuté à taches brun rouille, nombreuses et bien délimitées - Texture identique - Structure peu développée, débit polyédrique grossier à cohésion forte - Probablement encore humifère.
- 50 - 79 cm : Horizon gris clair un peu bleuté à taches brun rouge à ocre, les taches sont en tout cas plus rouge que dans l'horizon précédent, moins brunes avec quelques taches à centre noir ; horizon peu ou non humifère - Structure non développée, large débit à cohésion forte - polyédrique.
- 79 - 103 cm : Horizon à fond gris clair à nombreuses taches ocre jaune à centre noir ; parfois individualisé en petites concrétions ferromanganifères ; cassables - Texture identique - Structure peu développée à gros débit polyédrique à cohésion forte - Porosité faible.

Le ton un peu bleuté indique une tendance à la gleyification à côté du pseudogley à taches. Elle disparaît du dernier horizon où les taches commencent à s'individualiser en concrétions.

On note une accumulation de matière organique mal décomposée en surface.

Dans l'horizon A1 (5-23 cm), on note encore une certaine accumulation de matière organique (3.3 %), mais à rapport C/N traduisant une mauvaise évolution, cependant pas très accentuée (C/N = 14.6) pour un sol vierge.

1.2. - Famille sur alluvions limono-sableuses à sablo-limoneuses

Les alluvions limono-sableuses ou sablo-limoneuses forment des lambeaux de plaines alluviales dans lesquels les Voltas et leurs grands affluents s'encaissent actuellement de quelques mètres. Aussi ce sont plutôt des sols à hydromorphie de profondeur qui s'y développent. Dans tous les cas, il s'agit d'un engorgement beaucoup moins prononcé que précédemment avec une ségrégation ferrugineuse et manganifère, assez diffuse. Ces sols devraient être normalement classés en faciès intergrade vers les sols peu évolués. Nous avons classé dans les sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble ceux dont le mauvais drainage est le mieux caractérisé en surface.

Ces sols peuvent parfois occuper les plaines d'inondation actuelles, ils prennent alors une texture plus argileuse : limono-argileuse.

a) Série du type limono-sableux à sablo-limoneux.

PROFIL VN 26

Situation : Sur la piste de Niaogo à Garango, 600 m après le passage de la Volta Blanche. Plaine alluviale coupée de dépressions légères et où la Volta s'encaisse actuellement de 2 à 3 mètres et plus.

Végétation : Jachère à repousses de Faidherbia albida, Bauhinia sp., Imperata cylindrica, Schizachyrium sp d'où émerge quelques Ficus sp.

Description :

0 - 33 cm: Horizon brunâtre (E 64) à taches imprécises et nombreuses brun-rouille, parfois à tendance ocre; quelques fines taches noirâtres; paraissant peu humifère; texture limoneuse; structure peu développée à tendance prismatique; cohésion forte; porosité faible assurée uniquement par quelques gros pores tubulaires.

On note en surface une pellicule de 2 à 3 cm litée, beige à nombreuses taches ocre-rouille.

33 - 95 cm: Horizon constitué de taches brun noirâtre nombreuses, imprécises et de petites plages beige clair sur un fond jaune brun (D 66); parfois constitué de taches ocre brunâtre et beige clair allongées et fines; texture limono-sableuse; structure prismatique large, assez peu développée; cohésion forte; porosité très faible; paraît peu ou pas humifère.

95 - 140 cm: Sables fins fluviatiles à fines paillettes de mica; couleur beige avec des plages plus claires ou plus ocre, quelques taches brun-noirâtre; cohésion faible.

L'hydromorphie, caractérisée par une ségrégation ferrugineuse diffuse et une structure prismatique large est mieux marquée dans les deux premiers horizons, elle semble s'atténuer dans le dernier horizon. Il s'agit d'un engorgement à partir de la surface dû aussi bien à la position topographique qu'à la nature du matériau originel.

Il s'agit encore ici d'alluvions polyphasés : une phase limoneuse en surface, une phase sableuse en profondeur et une phase intermédiaire sablo-limoneuse.

Les résultats d'analyse granulométrique sont faussés par la présence de sables très fins et de limon en grande quantité, le limon dominant pourtant en surface n'apparaît pas, les 21 % d'argile seraient plutôt du limon. Dans le profil VN 80 formé sur les mêmes alluvions, on retrouve bien les 21 % de limon.

Les teneurs en matière organique sont faibles pour un sol manifestement mal drainé, il faut voir là une influence de la culture qui accélère la décomposition de la matière organique. Cependant, le C/N reste assez élevé en surface : 14.5.

Le rapport fer libre sur fer total présente des valeurs élevées qui se conçoivent mal dans un milieu non argileux où la ségrégation du fer, quoique diffuse est assez intense, c'est-à-dire où la tendance à l'accumulation l'emporte. Cela s'explique probablement par le fait que les taches ferrugineuses sont réduites plus ou moins en poudre au passage au tamis et donnent alors du fer qui sera dosé comme libre. (*)

Le taux de saturation présente des valeurs très irrégulières et inexplicables. On peut cependant dire que le complexe absorbant est proche de la saturation ou saturé, mais le fait le plus important à noter est la capacité d'échange relativement très élevée par rapport aux teneurs en argile et en matière organique. Ainsi, dans le prélèvement 262, avec seulement 7 % d'argile et 0.21 % de matière organique, nous avons une capacité d'échange de l'ordre de 7 méq. Le limon joue ici un grand rôle dans la capacité d'échange. Ce phénomène se retrouve dans les profils de la même famille VN 80 et VRZ 9.

Au point de vue caractéristiques analytiques/ la perméabilité garde des valeurs moyennes qui se retrouvent dans les profils VRZ 9 et VN 80 (hydromorphie de profondeur), mais la stabilité structurale est mauvaise, elle ne s'améliore qu'en surface dans les

structurales

(*) voir note infrapaginale p. 74

profils VN 80 et VRZ 9

b) Série du type limonoargileux

Profil VT 35

Situation : Sur la piste de Tangsobitenga au Massili, à 15.7 Km dans la zone inondable en bordure du Massili.

Végétation : Quelques Bauhinia sp., graminées (ncm vernaculaire : salboussi).

Description :

- 0 - 24 cm : Horizon gris clair faiblement bleuté à taches brun rouille, faiblement humifère - Texture limoneuse à limono-argileuse - Cohésion d'ensemble faible - Structure à tendance prismatique large développée par de fines fentes de dessiccation - Assez bonne porosité tubulaire.
- 24 - 53 cm : Horizon gris blanchâtre à taches brun rouille - Texture identique au précédent, moins humifère et un peu plus durci - Structure identique au précédent.
- 53 - 75 cm : Horizon gris blanchâtre à taches jaunes et rouille, non humifère - Horizon durci à cohésion forte - Structure non développée - Texture identique - Assez bonne porosité tubulaire - Taches jaunes/rouille: sont très bien délimitées et très nettes. ^{et}

Il apparaît en surface une tendance à la gleyification qui disparaît dès le deuxième horizon. Elle semble due surtout à la nature du matériau originel, car il n'y a pas d'accumulation de matière organique en surface (1.22 %), et le C/N de cette matière organique est relativement bon pour un sol hydromorphe et vierge.

2.- Famille sur argiles à recouvrements

Il s'agit de sols à engorgement d'ensemble, plus marqué cependant en profondeur où il se manifeste dans un matériau argileux, souvent à tendance verticale, par le développement d'une structure prismatique petite accompagnant la ségrégation ferrugineuse sous forme de taches.

Ce matériau argileux est recouvert par des apports superficiels de nature et d'épaisseur variables.

Nous distinguerons les séries, ou plutôt les groupes de séries d'après la structure et la tendance verticale :

a) Série bien structurée et à tendance verticale en profondeur

Profil VRN 31

Situation : Piste ouverte à la boussole en partant de la route de Nobéré à Pô au Km 7.3 après Nobéré, en direction de la piste de Basbédo à Yô.
- Direction 100°
- Distance: 5.6 Km. de la route de Pô
Bordure de la plaine alluviale du talweg situé au Km 5.8, et bordé par des vertisols hydromorphes à effondrements et dépressions.

Végétation : Savane arbustive à Combretum sp. (ghallense), Bauhinia sp., avec quelques arbres : Pterocarpus erinaceus, Bombax costatum.

Description :

0 - 13 cm : Horizon à aspect d'ensemble brun gris, en réalité constitué de taches brunes à tendance rouille et de taches brun gris à gris brun. Texture limonoargileuse à limon grossier - Structure prismatique large bien développée venant bien au piochon - La couleur est aussi parfois gris clair à nombreuses taches rouille assez importantes et mal délimitées, sur un fonds gris. Cohésion forte - Porosité faible assurée uniquement par quelques gros trous.

- 13 - 26 cm : Horizon à taches brun rouge à brun rouille foncé, mais mal délimitées et à taches gris blanchâtre semblant être un voilage de sables fins de migration - Texture argileuse - Structure prismatique petite à tendance polyédrique très grossière ou polyédrique à tendance prismatique bien développée, parfois polyédrique moyenne à grossière - Cohésion des agrégats moyenne, cohésion des polyèdres grossiers forte - Cet horizon paraît encore humifère et contient quelques gravillons ferrugineux.
- 26 - 42 cm : Horizon voilé de gris blanchâtre (paraissant être une migration de sables fins) sur un fond brun à brun jaune avec quelques taches noires mangani-fères - Texture argileuse - Structure prismatique petite à tendance polyédrique très grossière identique à l'horizon précédent - Peu ou pas humifère - Quelques gravillons ferrugineux.
- 42 - 110cm : Horizon brun jaune à fines taches ocre et à quelques taches plus grisâtres - Texture argileuse contenant quelques gravillons ferrugineux - Structure prismatique petite à tendance polyédrique très grossière ou grossière, parfois même moyennée à petite, assez bien développée et à cohésion forte ; on y dégage quelques faces obliques et patinées, mais pas de très belles patines - On note la présence de quelques amas calcaires, peu nombreux.

L'hydromorphie est bien prononcée sur l'ensemble du profil. A la faveur de la texture limoneuse du premier horizon, elle donne une structure prismatique large bien développée, mais dès le deuxième horizon, la structure devient prismatique petite à tendance polyédrique bien développée, la tendance verticale se marque également dans le dernier horizon par l'apparition de faces de décollement obliques patinées avec une accumulation calcaire.

La ségrégation ferrugineuse est en réalité peu intense, les taches gris blanchâtre ne sont que des voilages de sables fins blanchis (caractéristique hydromorphe).

L'analyse minéralogique indique 100 % de kaolinite tout le long du profil avec des traces de micas et dans le dernier horizon

à tendance verticale, la présence d'édifices gonflants mal cristallisés et peu abondants estimés à l'état de traces. Mais la capacité d'échange du complexe absorbant minéral ramenée à la fraction argileuse donne des valeurs très supérieures à la capacité d'échange maximum de la kaolinite. On obtient 32 méq pour 100g d'argile, dans le troisième horizon. En ramenant la capacité d'échange à la fraction argile + limon, on obtient encore 23 méq pour 100g d'argile + limon, valeur toujours très supérieure à la capacité d'échange maximum de la kaolinite bien cristallisée, comme c'est le cas ici. Il faut donc admettre une large représentation dans la fraction limoneuse de minéraux à forte capacité d'échange, c'est-à-dire d'illites ou de montmorillonite. L'étude de la seule fraction argileuse ne semble pouvoir résoudre ici le problème et la présence des faces de glissements obliques est peut-être liée à une plus grande proportion de minéraux gonflants dans la terre fine que ne l'indique l'analyse minéralogique des argiles ; en tout cas, elle est toujours liée à la présence de ces minéraux.

Les caractéristiques analytiques structurales sont mauvaises à très mauvaises et la représentativité non négligeable du sodium dans le complexe absorbant doit en être en partie responsable.

Ce type de sol a un certain aspect de vertisol hydromorphe par sa couleur d'ensemble, sa texture et un peu par sa structure. Du reste, il passe 200 mètres plus loin, au bord du talweg à des vertisols hydromorphes à effondrements et dépressions développés sur matériau alluvial. La végétation elle-même (savane arbustive à *Combretum sp. ghallense* ?) est assez typique des vertisols hydromorphes de ces zones. Mais la structure n'est pas assez typique, les faces de glissement obliques sont mal patinées, et très peu nombreuses, aussi l'avons-nous maintenu dans les sols hydromorphes. La série ici a l'équivalence de la notion actuelle de faciès, mais nous ne pouvons pas multiplier les sous-groupes et les faciès dans une légende de carte déjà chargée.

Dans le profil VMK 4 qui appartient à ce même type de sol, l'hydromorphie beaucoup plus prononcée encore sur l'ensemble du profil, se traduit au point de vue ferrugination par une gleyification des horizons profonds, mais avec toujours superposition d'une structure petite à moyenne bien développée. La gleyification est probablement favorisée par la nature du matériau originel très argileux et à nette tendance verticale.

Profil VMK 4

Situation : Piste ouverte à la boussole de Mankaraga vers la Volta Blanche -
- Angle de marche : 270°
- Distance : 4.7 Km de Mankaraga,
Dans une zone plane ayant un réseau de petites fentes de dessiccation à la surface du sol.

Végétation : Savane à Acacia gourmensis, Anogeissus leiocarpus, Sclerocarya birrea, Combretum sp., Acacia senegal et Lannea velutina - Strate herbacée brûlée.

Description :

- 0 - 11 cm : Horizon gris clair bleuté à taches ocre, par endroits les plages ocre l'emportent de loin sur le fond gris, peu humifère - Texture limonoargileuse à argilolimoneuse - Structure prismatique grossière assez bien à moyennement développée - Cohésion forte, porosité faible, quelques gros pores tubulaires.
- 11 - 29 cm : Horizon à fond brunâtre constitué de taches mal délimitées brun ocre - Texture argileuse à argilolimoneuse - Structure polyédrique moyenne à petite très bien développée - Quelques cailloux de quartz - Bonne porosité d'agrégats.
- 29 - 50 cm : Horizon à fond tendant vers le gris clair bleuté à taches ocre - Texture identique mais l'horizon est plus hydromorphe que le précédent - Structure polyédrique moyenne à petite bien développée avec une surstructure à tendance prismatique aplatie à faces patinées.
- 50 - 80 cm : Horizon gris bleuté à taches ocre constitué essentiellement de cailloux de quartz de toute taille, graviers de quartz, gravillons ferrugineux noyés dans une terre fine gris bleuté à taches ocre identique à l'horizon précédent - Quelques pierres et cailloux de quartz.

La capacité d'échange des argiles est assez identique à celle du profil VRN 31, elle est même un peu supérieure. Le complexe absorbant moyennement à faiblement acide, semble garder une bonne sa-

turation (V = 76 à 92 %), malgré l'hydromorphie très prononcée et cela est probablement lié à la nature verticale. Les caractéristiques analytiques structurales (K et Is) marquent une nette amélioration sur le VRN 31 malgré la gleyification, mais elles restent médiocres.

Le rapport fer libre sur fer total, les quantités de fer libre et de fer total sont élevés, et assez identiques à ceux du profil VRN 31, sauf en ce qui concerne le dernier horizon de celui-ci (VRN 314) où le rapport fer libre sur fer total marque une baisse tout en restant encore assez élevé.

Les faces obliques patinées sont plus belles ici, mais la structure polyédrique moyenne à petite bien développée en profondeur n'est pas considérée comme caractère des vertisols.

b) Série bien structurée et sans tendance verticale en profondeur

Profil VRN 30

- Situation : Au km 4.4 sur la même piste que le profil VRN 32.
Zone plane.
- Végétation : Savane arbustive à Terminalia glaucescens, Bauhinia sp., Gardenia sp., dominée par quelques Adansonia digitata.
Aspect mal drainé en surface avec de fines fentes de dessiccation, des termitières gris brunâtre.
- Description :
- 0 - 25 cm : Horizon gris foncé, devenant brunâtre vers le bas, avec alors quelques fines taches rouille mal délimitées ; humifère ; texture sablo-limoneuse un peu argileuse à sables fins dominants ; structure peu développée à tendance prismatique large devenant par endroits polyédrique grossière assez peu développée ; cohésion forte ; bonne porosité tubulaire.
- 25 - 45 cm : Horizon à taches gris clair à brun gris clair et brun rouille clair nombreuses, mal délimitées ; humifère ; texture sableuse à sablo-argileuse ; structure

prismatique assez peu développée : on dégage cependant quelques faces verticales bien individualisées ; cohésion forte ; porosité tubulaire fine moyenne.

- 45 - 61 cm : Horizon à taches gris clair, brun clair, ocre, mal délimitées, texture argilosableuse ; structure et cohésion identiques aux précédentes ; porosité fine tubulaire.
- 61 - 123cm : Horizon à taches gris blanchâtre, ocre, avec de nombreux canalicules gris foncé, marquant l'emplacement des radicelles et lui donnant un aspect humifère ; texture argileuse à nombreux gravillons ferrugineux à emplacement patiné ; structure prismatique petite à tendance polyédrique grossière moyennement à assez bien développée, se réduisant parfois en polyédrique moyen à grossier.

La structure n'est développée que dans le dernier horizon argileux. La disparition de la tendance verticale semble corrélatrice d'une diminution de la représentativité des argiles du type 2/1 si on en juge par la diminution de la capacité d'échange des argiles qui n'est plus que de 23 méq pour 100g ici (compte non tenu d'une fraction limoneuse importante : 20 %).

Cependant, le pH faiblement acide (6.0) et le taux de saturation élevé du complexe (80 à 90 %), semblent témoigner d'un engorgement du type verticale ou du type peu prononcé. Mais la dominance du *Terminalia glaucescens* non caractéristique/des engorgements de type verticale indique un engorgement peu prononcé.

Dans le profil VRN 22 que nous rattachons à ce type, ce sont les horizons intermédiaires qui sont bien structurés, la structure se dégrade ensuite en profondeur.

Profil VRN 22

- Situation : Sur la piste de Nobéré à Bétaré à 5.5 Km de Nobéré. Zone plane hydromorphe en surface, avec des fentes de dessiccation et des affleurements de gneiss.
- Végétation : Savane arbustive à Combretum sp. et Lanea.

Description :

- 0 - 8 cm : Horizon gris bleuté à nombreuses taches brun-rouille
Texture argilolimoneuse - Structure prismatique large
assez bien développée par de nombreuses fentes de des-
siccation verticales - Bonne porosité tubulaire - Co-
hésion forte.
- 8 - 23 cm : Horizon gris clair à taches brun-gris, rouille, diffi-
ciles à préciser - Humifère - Texture argileuse - Struc-
ture tantôt polyédrique moyenne assez bien développée
tantôt prismatique à tendance polyédrique grossière
assez bien développée à cohésion forte et à surstruc-
ture prismatique large.
- 23 - 32 cm : Horizon à taches brun-gris, gris-brun foncé, gris
foncé, gris clair blanchâtre et à fines taches ocre
et noirâtres, le tout très mal délimité - Humifère -
Texture argileuse - Structure prismatique petite à
tendance polyédrique assez bien développée.
- 32 - 58 cm : Horizon à taches gris clair blanchâtre, rouille, par-
fois ocre jaune, grises ou noirâtres - Texture argileu-
se - Structure prismatique large très peu développée -
cohésion très forte.
- 58 - 99 cm : Horizon à taches gris clair blanchâtre, ocre et bru-
nâtres - Texture argileuse - Structure prismatique
moyenne à petite peu développée - Cohésion très forte.
- 99 - 135cm : Horizon gris blanchâtre bleuté à nombreuses taches
rouille à rouge - Texture argileuse - Structure non
développée - Cohésion très forte.

B.1.2- Sous groupe à concrétions et taches

Pour simplifier la classification de ces sols, et aussi parce qu'il est difficile de faire la part des différents facteurs, nous avons assimilé dans leur diagnostic l'hydromorphie à ses effets. Ces

derniers peuvent cependant être déterminés dans une certaine mesure par la nature du matériau originel : arène granitique argilosableuse à évolution ancienne, arène granitique gravelleuse parfois à hydromorphie ancienne, mais en tous cas exhaltant la ségrégation ferrugineuse et manganifère par sa nature grossière, matériau gravillonnaire encore plus apte à exhalter cette ségrégation.

Mais il faut tout de même faire appel à l'hydromorphie pour expliquer le maintien du fer et du manganèse dans des matériaux aussi grossiers et partant, facilement lessivables.

De par la complexité des facteurs mis en jeu, la classification ne traduira pas toujours la nature actuelle, et l'intensité réelle des phénomènes d'hydromorphie. Dans la première classification, que nous avons adoptée, la plupart de ces sols étaient classés dans le sous-groupe hydromorphe des sols peu évolués et dans le faciès à passage fréquent au pseudogley à concrétions. Cette classification nous permettait de respecter la continuité des variations de terrain passant du type peu évolué mal drainé au type à concrétionnement plus ou moins intense. De même, elle nous permettait de dégager les caractères juvéniles d'un concrétionnement souvent de type essentiellement manganifère et très lié à la nature du matériau originel. Nous avons abandonné cette classification pour des raisons de conformité et d'homogénéité des cartes.

1.- Famille sur arène granitique argilo-sableuse

Le matériau originel est le même que celui des sols à pseudogley de profondeur à concrétions et taches qui ne se différencient généralement de ces sols que par leurs recouvrements polyphasés plus épais et généralement moins hydromorphes.

Nous distinguerons plusieurs groupes de séries de sols.

a) Série à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace.

Le matériau est constitué d'une altération de granite très peu ou pas remaniée, intensément imprégnée de fer par libération in situ, et aussi par apports, par les solutions ferrugineuses qui provenaient de la cuirasse ancienne "sus-jacente" disparue.

Ces sols sont très répandus dans toute la partie du Bassin Versant de la Volta Rouge situé à l'Ouest de la route Pô-Ouagadougou. Ils sont étroitement imbriqués avec les sols à pseudogley de profondeur à concrétions et taches et avec les autres séries de ce groupe.

Profil VRB 5

Situation : Au Km 7.7, sur la piste carrossable de Sulla à Baouiga et Tiaré - Haut d'une pente d'environ 1 %, légère couche gravillonnaire en surface avec affleurements d'une carapace rouge sur la route.

Végétation : Savane arborée à Burkea africana avec Pterocarpus erinaceus, très arbustive à Detarium microcarpum, Butyrospermum parkii, Combretum glutinosum, Isoberlinia Dalzielii.

Description :

- 0 - 14 cm : Horizon gravillonnaire à terre fine sableuse, humifère ; débits particuliers ou par mottes à cohésion moyenne ; cohésion d'ensemble moyenne.
- 14 - 38 cm : Horizon de démantèlement de l'horizon suivant avec des pénétrations humifères grises entre les débris durcis de couleur rouge (E 28).
- 38 - 125cm : Altération de granite, couleur d'ensemble rouge clair à sec (D 28) avec des plages et de petites taches blanchâtres représentant les feldspaths et de nombreuses petites patines (revêtement argileux) très brillantes, de couleur rouge à rouge sombre E 28 à F 28 ; horizon assez durci ; débits par plaques à cohésion moyenne se résolvant bien en polyèdres moyens et grossiers. Texture inappréciable.
C'est cet horizon qui, en affleurement, donne la carapace rouge.

L'imprégnation ferrugineuse est très intense dans l'altération de granite, elle ne peut être imputable à la seule libération de fer in situ, la présence de gravillons ferrugineux nous indique une ancienne présence de cuirasse ferrugineuse qui devait reposer

sur l'altération de granite. Du reste, à maints endroits, ces sols montrent encore des restes de cuirasses anciennes.

La présence de petites patines brillantes est un indice certain de mauvais drainage.

Les matériaux sont très désaturés ici : le pH est acide : 5.0 ; le taux de saturation, faible en surface (58 %) s'abaisse à une valeur très faible en profondeur (31 %) qui rappellerait les sols ferrallitiques. Mais en l'absence de rapport SiO_2/Al_2O_3 , et en fonction des autres sols de ce type, nous ne pouvons pas conclure à une altération ferrallitique assez insolite dans nos conditions.

Le profil suivant : le VRY 11, est plus durci, mais son originalité consiste à l'apparition de taches manganifères noires dans l'altération de granite et dont la répartition dans le profil fait obligatoirement appel à une source extérieure d'hydroxydes. Ce phénomène est fréquent dans ce type de sol.

Profil VRY 11

- Situation : Sur la piste de Yambassé à Guénon, par la Volta Rouge, au Km 4. Zone plane à nombreux affleurements de cuirasse à quelques mètres devant nous, 200 mètres environ après ces affleurements de cuirasse, ce sont des affleurements de granite en boules.
- Végétation : Savane à Isoberlinia doka, Detarium microcarpum.
- Description :
- 0 - 12 cm : Horizon gris brun à brun gris - Humifère - Texture sablo-limoneuse - Structure non développée - Cohésion forte - Porosité uniquement tubulaire moyenne à faible.
- 12 - 145cm : Horizon rouge, un peu plus brunâtre et paraissant légèrement humifère dans le haut, nombreuses taches manganifères noires dans le haut, de 12 à 50 cm environ, devenant beaucoup moins nombreuses vers le bas - On distingue également dans le haut de nombreuses plages jaunâtres, dans lesquelles on reconnaît la trame d'un granite à grains fins. Horizon durci à struc-

ture non développée avec des revêtements argileux brillants par endroits - L'ensemble est ferruginisé, à texture inappréciable ; véritable carapace friable dans le haut ; dans le bas, on apprécie une texture sablcargileuse à argilosableuse.

Nous retrouvons sous un faible apport superficiel, l'altération de granite ferruginisé rouge avec ses petites patines brillantes. Elle est durcie vers le haut où c'est une véritable carapace, mais encore friable pour les éclats détachés au piochon. Les quantités de fer total sont très élevées (14.4 % de 25 à 50 cm ; et 12 % de 100 à 135 cm), et le matériau a très probablement été enrichi en fer par les solutions ferrugineuses provenant des cuirasses, lorsque celles-ci étaient en place, mais on ne peut pas admettre que l'enrichissement en manganèse soit contemporain de cet enrichissement en fer, sinon le manganèse, beaucoup plus mobile, se serait accumulé dans le bas du profil, or, il s'accumule ici dans la partie supérieure (12-50 cm). Il faut donc admettre que l'apport de manganèse s'est produit dans une phase plus récente lors du démantèlement des cuirasses. Cette accumulation de manganèse semble du reste avoir été accompagnée d'une accumulation de matière organique en surface (3.16 %).

Ici, contrairement au VRB 5, le matériau d'altération de granite ferruginé est faiblement acide (pH 6.1), et son complexe absorbant est proche ou assez proche de la saturation (taux de saturation de 73 à 80 %).

Ces sols à hydromorphie ancienne ont une pédogénèse actuelle du type peu évoluée consistant en une simple pénétration de la matière organique et en un durcissement du matériau d'altération ferruginisé : les profils sont du type A.C.

La preuve que ces matériaux sont des altérations de granite peu ou pas remaniées est que les variations de faciès de la roche-mère y apparaissent nettement : dans le profil VRB 25 (Km 12.2 sur la piste boussole 66° de Bacuiga à la Volta Rouge), le matériau d'altération de granite (23-55 cm) est tantôt rouille rouge avec de fines taches blanches feldspathiques, tantôt beaucoup plus riche en feldspaths et aussi en grains de quartz grossiers ; il est alors rouge à larges plages blanches feldspathiques, il est très durci ici et se comporte comme une véritable carapace ferrugineuse.

Dans le profil VRV 14, on retrouve ces variations de

faciès, l'altération ne semble pas très poussée puisqu'elle laisse intactes les grandes lamelles de mica blanc.

Profil VRV 14

Situation : Au Km 2.2, sur la piste carrossable qui va du barrage de Tammssé (campement) à la Volta Rouge (piste percée lors de la construction du barrage). Sommet d'une faible pente caillouteuse à cailloux de quartz, légère croupe plate.

Végétation : Savane parc à Pterocarpus erinaceus avec Butyrospermum parkii - Strate arbustive à Combretum glutinosum et Terminalia glaucescens.

Description :

0 - 32 cm : Horizon gris, humifère ; sableux légèrement argileux ; Structure non développée ; cohésion forte ; repose sur une stcne line de cailloux de quartz.

32 - 95 cm : Horizon à taches rouges ferrugineuses et à quelques taches noires manganifères avec dans le haut, une pénétration humifère lui donnant un aspect brunâtre ; horizon argilosableux avec une veine horizontale constituée de gros empilements de grandes lamelles de mica blanc inaltéré et /^{de} gros cailloux de quartz. Horizon durci dans le haut et tendant alors nettement à la carapace ferrugineuse.

Parfois, comme dans le profil VRB 26, ce matériau est un peu remanié car il contient quelques gravillons ferrugineux, mais on remarque en même temps ici une manifestation plus nette des phénomènes d'hydromorphie ancienne (aspect feuilleté par endroit) et un passage net à la carapace ferrugineuse.

Profil VRB 26

Situation : Au Km 14.4 sur la piste boussole 66° de Bacuiga à la Volta Rouge. Zone plane un peu gravillonnaire en surface (accumulation par l'érosion en nappe), aspect mal drainé avec de fines fentes de dessiccation.

Végétation : Savane à Detarium microcarpum.

Description :

0 - 24 cm : Horizon gravillonnaire, gris, humifère, les gravillons ferrugineux sont irréguliers, anguleux, rouge et sont des débris de la carapace sous-jacente.

24 - 90 cm : Horizon de couleur rouille à plages blanc-jaunâtre feldspathiques, aspect feuilleté par endroits ; contient quelques gravillons ferrugineux arrondis ; durci en une véritable carapace ferrugineuse.

b) Série à taches et concrétions avec structure de type polyédrique moyennement à assez bien développée.

Ici, les phénomènes de pseudogley à taches et à concrétions ferrugineuses et manganifères s'accompagnent d'un développement moyen à assez bon d'une structure polyédrique moyenne parfois grossière, et celà, corrélativement à la texture argileuse à argilosableuse du matériau.

Profil VL 39

Situation : sur la piste de Limnoghén à la Volta Blanche (Piste 1) à 3.1 Km du campement de Limnoghén et 1.1 Km après le croisement avec la route Ouagadougou-Koupéla - Dans une zone plane avec des fentes de dessiccation en surface, pente de 1 % Vers le Nord ; crupe cuirassée et gravillonnaire à droite - Erosion paraissant active à cause des accumulations de fins gravillons et de sables grossiers entre les touffes d'herbes.

Végétation : Savane arbustive à Acacia senegal, Combretum glutinosum, Acacia gourmensis, Sclerocarya birrea, Balanites aegyptiaca, Anogeissus leiocarpus ; strate herbacée à Andropogon gayanus et Hyparrhenia sp.

Description :

- 0 - 12 cm : Horizon gris à tendance bleutée avec des nuances ocre lui donnant une apparence brunâtre, humifère - Horizon du type hydromorphe - Texture sablo-argileuse à sable grossier - Structure très peu développée, gros éclats à cohésion forte - De nombreuses racines assurant une certaine porosité - La couche superficielle de 1 à 2 cm s'enlève en une seule plaque au picchon. Elle a une porosité tubulaire moyenne à bonne - Horizon gravillonnaire à sablo-gravillonnaire.
- 12 - 32 cm : Horizon gravillonnaire d'apport avec quelques gros cailloux de quartz dont certains sont ferruginisés intérieurement - Gravillons repris par la ferrugination actuelle en grosses concrétions irrégulières, formées par la soudure de plusieurs éléments, encore cassable à la main à certains endroits. La cassure est rouille ou rouille à grande tache noire au centre; ces éléments sont libres dans une terre fine ocre clair argileuse ; les emplacements des cailloux de quartz sont lissés.
- 32 - 105cm : Horizon ocre clair argileux à nombreuses concrétions de couleur jaune et rouille cassables à la main, irrégulières, anguleuses, certaines sont grosses mais elles sont généralement moyennes - Texture argileuse - Structure polyédrique moyenne à petite assez bien développée, le picchon détache facilement des plaques à cohésion faible se réduisant très facilement en polyèdres moyens à petits et en agrégats finement grenus - Porosité d'agrégats moyenne, horizon s'éclaircissant vers le bas - Présence de quelques gros trous.
- 105 - 165cm : Horizon à fond d'abord ocre lavé puis nettement blanchâtre avec de très nombreuses taches rouille parfois piquées de noir, irrégulières, s'anastomosant, durcies mais mal individualisées, sauf dans le haut ; Texture argileuse ; Structure polyédrique grossière moyenne et petite moyennement développée.

L'ensemble du profil est soumis à une intense hydromorphie actuelle, la tendance est même à la gleyification en surface. Le matériau d'altération de granite (32-165 cm) est recouvert des apports polyphasés sabloargileux, puis gravillonnaire. L'hydromorphie

se manifeste dans l'horizon gravillonnaire par un néoconcrétionnement et dans l'altération de granite par une ségrégation ferrugineuse intense, sous forme de taches et de concrétions, et aussi par une structuration fine à grossière de type polyédrique.

Au point de vue analytique, la texture du matériau d'altération apparaît bien argileuse (la teneur en argile du quatrième horizon doit être considérée comme sous-estimée, elle doit être la même que dans le troisième horizon, du reste les capacités d'échange sont identiques). La matière organique à C/N élevé (18 en A1 et 16 en A2) est relativement abondante en surface.

Dans le matériau d'altération de granite, les quantités de fer libre sont élevées, le rapport fer libre sur argile est de 18 à 15 % (en prenant pour le 4ème horizon une teneur en argile de 40 %), mais elles sont un peu surestimées parce qu'au cours de la préparation en grande série des échantillons, une partie du fer accumulé doit probablement passer en poudre dans la terre fine et est dosée sous forme de fer libre. Le rapport fer libre sur fer total de la terre fine est très élevé (plus de 80 %). (*)

Le pH est faiblement acide dans les apports superficiels où le complexe absorbant est assez bien saturé (V = 72 %). Il marque une baisse du reste douteuse (le pH KCl reste identique à celui du 4ème horizon pour un matériau identique) dans le troisième horizon, et reste faiblement acide (6.1) dans le dernier horizon. Le taux de saturation n'est pas interprétable ici, mais il semble, d'après celui du quatrième horizon qu'il soit assez bon. L'hydromorphie ne se traduit donc ici par une acidification, il s'agit d'un engorgement certes prononcé mais statique.

Si dans le matériau d'altération de granite la structure est assez bien à moyennement développée, par contre sa stabilité est mauvaise : l'indice d'instabilité structurale atteint 2.3 dans le troisième horizon, et 3.9 dans le quatrième, corrélativement, les perméabilités sont très faibles : 0.5 à 0.3 cm.

Nous retrouvons dans le profil VG 49 un type identique au VL 39, mais ici, les apports superficiels sont sabloargileux à argilosableux. Les quantités de fer libre et fer total de la terre fine apparaissent beaucoup moins élevées et cela s'explique difficilement pour des matériaux identiques.

Le pH faiblement acide en surface : 6.4, reste ensuite faiblement à moyennement acide le long du profil (5.7 à 5.9) avec un taux de saturation du complexe absorbant assez bon (autour de 70 % comme précédemment).

* voir note infrapaginale p. 74

Les caractéristiques physiques un peu améliorées, surtout quant à la perméabilité, restent très médiocres à mauvaises

Profil VG 49

- Situation : Sur la piste de Djengré à 0.7Km du croisement avec la piste carrossable Boussougou-Yakala.
Zone plane à aspect hydromorphe en surface.
- Végétation : Savane arbustive à Butyrospermum parkii, Combretum glutinosum, Terminalia glaucescens, Gardenia sp., Bauhinia sp., Isoberlinia sp. et Daniellia oliveri.
- Description :
- 0 - 12 cm : Horizon gris à aspect hydromorphe, à fines taches et concrétions rouille, paraissant faiblement humifère, sablo-argileux, structure peu développée, cohésion forte, quelques fentes de dessiccation verticales.
- 12 - 27 cm : Horizon à plages beige ocre et grisâtres, à fines taches et concrétions rouille, encore faiblement humifère ; sabloargileux à argilosableux ; structure peu développée, horizon très durci, quelques fentes de dessiccation verticales.
- 27 - 52 cm : Horizon à taches gris clair et beige ocre, à nombreuses concrétions rouille franc, non humifère, argileux ; structure polyédrique petite et moyenne assez bien développée, assez bonne porosité d'ensemble.
- 52 - 168 cm : Horizon gris clair devenant gris blanchâtre en profondeur, intensément concrétionné : concrétions rouille, parfois bleu noir au centre, mal individualisées, cas sables, terre fine argileuse à structure polyédrique moyenne à petite moyennement développée. On distingue des cailloux de quartz groupés par lignes (filons) et des zones moins altérées présentant des lamelles de mica blanc et des plages feldspathiques jaunes.

- c) Série très intensément concrétionnée en surface
passant ensuite à un pseudogley à taches et à
structure de type polyédrique moyennement à assez
bien développée

Dans cette série, le matériau d'altération de granite est intensément concrétionné dans le haut, très probablement sous l'influence du cuirassement ancien, il passe ensuite dans le bas à un pseudogley à taches ou à taches et concrétions et à structure moyenne à petite de type généralement polyédrique, moyennement à assez bien développée.

Il est très fréquemment recouvert par des apports de faible épaisseur, lorsque les apports sont épais, nous passons aux sols à hydromorphie de profondeur.

Profil VRV 1

- Situation : 2.6 Km après le barrage de Tammsé, sur la piste de Tammsé à Voko
Pente inférieure à 1 % s'élevant vers le village de Zorgho.
- Végétation : Savane anthropique à Parkia biglobosa, Combretum sp..
Quelques affleurements de concrétions.
- Description :
- 0 - 17 cm : Horizon gris humifère, essentiellement constitué de concrétions ferrugineuses rouille à brun noirâtre ou brun foncé (éléments d'apport) probablement remaniés sur place, et de nombreux cailloux de quartz. La terre fine est sableuse - Horizon régosolique.
- 17 - 30 cm : Horizon beige gris à gris beige essentiellement constitué d'une carapace ferromanganifère, rouge à taches noires, ou de grosses concrétions également ferro-manganifères rouges et noires au centre et de formes irrégulières, type de nappe - Quelques grosses racines sont à la limite de cet horizon ou en haut - Horizon en voie de démantèlement sur place avec pénétration humifère.

30 - 100 cm : Horizon à taches rouges s'anastomosant sur un fond ocre très clair paraissant plus ocre quand il est humide - Altération incontestable d'un granite en place - Texture argileuse contenant de gros grains anguleux de quartz (grains du granite) - Structure moyennement développée, polyédrique moyenne, anguleuse, se déduisant bien des plaques à cohésion faible débitées au picchon ; horizon très riche en graviers de quartz. On note par endroits la présence de revêtements argileux et de quelques taches noires manganifères, cependant beaucoup moins fréquentes que dans l'horizon précédent, de fines paillettes de mica blanc.

La présence, en surface, d'un horizon formé par les produits de démantèlement de la carapace ferrugineuse, le démantèlement de cette carapace en place à l'intérieur même du deuxième horizon avec imprégnation humifère secondaire marquant la pédogénèse actuelle, montre que cette carapace est d'origine non actuelle. Par ailleurs, cette intensité de ségrégation ferrugineuse, bien tranchée sur le troisième horizon, exigerait la présence d'une nappe à l'intérieur de cet horizon et dont la zone de battement correspondrait à la carapace, nappe qui n'existe pas et qui n'a peut-être pas existé.

La carapace du deuxième horizon, si nous nous en référons à l'étude du cuirassement, a été formée sous la cuirasse ancienne dont on trouve les restes nombreux par blocs démantelés ou en place, 2 Km avant et après ce profil.

Le matériau d'altération de granite du troisième horizon a été analysé. La granulométrie donne un fort pourcentage d'argile + limon où l'argile doit être considéré comme probablement sous-évaluée. Les quantités de fer libre, de fer total, et le rapport fer libre sur fer total de la terre fine sont élevées. Le complexe absorbant est encore moyennement acide (pH = 5.5), et sa saturation en désaccord avec le pH est bonne (V = 76 %).

Les caractéristiques physiques sont médiocres, mais relativement bonnes par rapport au profil VL 39 et aussi au profil VG 49 pour la stabilité structurale.

L'analyse minéralogique de la fraction argileuse indique dans ce matériau 100 % d'une kaolinite très bien cristallisée et seulement des traces d'illites.

Dans le profil VT 27, aux phénomènes de ferrugination ancienne se superpose une hydromorphie actuelle, les recouvrements superficiels sont plus épais (40 cm) mais le profil est hydromorphe en surface et en profondeur, aussi le conservons-nous dans les sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble.

Profil VT 27

- Situation : Sur la piste de Tangsobitenga au Massili, à 0.4 Km de **TANGSOBINTENGA**
Zone plane à nombreux affleurements de granite par larges bancs au Km 0.3.
- Végétation : Savane arbustive à Vitex sp., Gardenia sp. (aqualla), Butyrospermum parkii, Pteleopsis suberosa avec Terminalia glaucescens d'où émergent quelques arbres : Butyrospermum parkii - Strate herbacée à Andropogon sp.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon gris à taches gris clair bleuté, et à fines taches ocre mal délimitées et nombreuses - Texture sablo-argileuse à sableuse - Structure à tendance prismatique large avec de fines fentes de dessiccation verticales - Porosité tubulaire moyenne - Cohésion forte.
- 15 - 40 cm : Horizon beige encore faiblement humifère dans le haut - Texture sablo-argileuse à sables grossiers - Horizon durci à cohésion forte ; Structure à tendance prismatique large - Porosité tubulaire fine, moyenne.
- 40 - 60 cm : Horizon ocre lavé ; terre fine argilosableuse ; constitué de très grosses concrétions rouille et parfois noires au centre formées à partir de noyaux de roche granitique dont on distingue encore le feldspath par endroits - Horizon riche en cailloux de quartz (remaniements) - Horizon poreux.
- 60 - 120cm : Horizon beige devenant blanchâtre en profondeur à nombreuses grosses concrétions formées à partir de roche ferruginisée - Terre fine argileuse - Structure polyédrique grossière et moyenne, moyennement développée - Les concrétions diminuent en nombre vers le bas où on a surtout des taches rouille et blanchâtres - Horizon à petits cailloux ou éclats de quartz anguleux qui sont des grains du granite.

L'hydromorphie, bien prononcée sur l'ensemble du profil, se décompose en une hydromorphie de surface tendant à la gleyification du premier horizon et n'affectant pas beaucoup le deuxième horizon, et en une hydromorphie de profondeur affectant le matériau d'altération de granite un peu remanié dans le haut. Dans ce matériau, nous retrouvons (65 à 95 cm) des caractéristiques assez identiques à celles des autres profils: quantités de fer assez élevées, rapport fer libre sur fer total très élevé, pH moyennement acide, complexe absorbant encore assez bien saturé ($V = 63\%$), caractéristiques physiques très médiocres.

En surface, si la matière organique est de type mal évoluée ($C/N = 19$), par contre elle n'a pas tendance à s'accumuler: teneur très moyenne de $1,5\%$ s'abaissant brutalement à $0,6\%$ dans le deuxième horizon.

Nous retrouvons un profil assez identique dans le VRB 75, les éléments ferrugineux du deuxième horizon semblent avoir été remaniés (angles arrondis par rapport à ceux de l'horizon suivant), la cassure des concrétions rappelle celle de gravillons, mais leur forme et leur répartition dans les deux derniers horizons est bien typique du concrétionnement. Les recouvrements superficiels sont moins épais.

PROFIL VRB 75

Situation : Sur la piste de Bouloum à Ladou, au Km 1,8 en partant du marché de Bouloum.
Zone plane dominée à gauche par une colline cuirassée.

Végétation : Savane arbustive à Isoberlinia dalzielli.

Description :

- 0 - 24 cm: Horizon gris, humifère, passant au beige avec des plages grisâtres à la base - Texture argilo-sableux - Structure prismatique large se développant par de fines fentes de dessiccation - Cohésion forte - Porosité tubulaire assez bonne.
- 24 - 40 cm: Horizon essentiellement constitué de grosses concrétions ou de gros gravillons ferrugineux aux angles arrondis à cassure brun rouge foncé (J 34) avec parfois des taches ou des petits points noirs (cristallisation) les emplacements sont constitués par de fines lamelles de terre argileuse (lissée).
- 40 - 78 cm: Horizon à plages blanc jaunâtre (altération de feldspath, on distingue les cristaux restés tels dans la roche-mère mais altéré en un produit argileux - On note la présence de nombreuses concrétions irrégulières et anguleuses, parfois aplaties, généralement durcies à cassure brun rouge très foncé, ou rouge foncé (H 16), parfois noir au centre - Horizon à cohésion d'ensemble moyenne; les éléments se libèrent au piochon - Les concrétions vont en diminuant, en taille et en nombre vers le bas de l'horizon.
- 78 - 103 cm: Horizon à taches rouges, blanches et ocres, produit d'altération d'un granite à grains grossiers riche en feldspaths - Structure polyédrique

petite assez bien développée; avec des concrétions identiques à celles de l'horizon précédent, mais plus petites et moins nombreuses.

La terre fine dans le matériau d'altération de granite est très riche en fer, avec un rapport fer libre sur fer total élevé, le complexe absorbant est faiblement acide (pH 6,2 - 6,3) et apparaît cependant saturé ($V = 96$ à 100%). Les caractéristiques structurales analytiques sont mauvaises.

d) Série très intensément concrétionnée passant à la carapace ferrugineuse.

Dans les types à hydromorphie ancienne comme le VL 35, l'induration diminue vers le bas, tandis que dans les types à intense hydromorphie actuelle, comme le VG 36, l'induration augmente vers le bas.

PROFIL VL 35

Situation : Piste de Limnoghin à Boutenga au km 6,2. Zone gravillonnaire. Savane parc à karité, Néré, Balanites aegyptiaca. Strate arbustive à Guiera Senegalensis avec Acacia seyal. Strate herbacée à Andropogon gayanus, Loudetia sp.

Description :

0 - 20 cm: Horizon gris constitué essentiellement de concrétions ferrugineuses et ferro-manganifères, terre fine, gris clair, dans lequel les éléments sont libres; mais le deuxième horizon pénètre souvent dans le premier sous forme d'une carapace moyennement indurée, et vice versa.

20 - 155 cm: Horizon à très intense concrétionnement à concrétions mal individualisées, rouille, parfois noires au centre, sorte de carapace ferrugineuse incluant une terre fine ocre lavé et dont l'induration augmente vers le haut et devient assez forte quand elle affleure. On y retrouve vers le bas quelques inclusions de granite encore reconnaissable et quelques plages feldspathiques jaunies.

Ce profil se rapproche beaucoup des sols à taches durcies, mais il s'agit d'un véritable concrétionnement.

PROFIL VG 36

Situation : Sur la route de Boussougou à Gogo (route Zabré à Ouagadougou), au Km 10,4
Plaine ondulée avec des pentes de l'ordre de 1 à 2 %, et même parfois 3 %.
Ici, nous sommes sur une pente longue, pente de 2 % environ.

Végétation : Savane parc à Parkia biglobosa, Butyrospermum parkii, Sclerocarya birrea, très arbustive à Combretum glutinosum, Butyrospermum parkii, Gardenia aqualla; Strate herbacée brûlée par touffes exhaussées.

Erosion : Intense, ravinée, en voie de formation.

Description :

- 0 - 19 cm : Horizon gris à taches rouille très nombreuses vers le bas; faiblement humifère; sableux à sablo-argileux - Structure non développée: large débit polyédrique à cohésion forte; porosité tubulaire moyenne, assez bonne par endroits, faible par ailleurs. On distingue de petits graviers de quartz.
- 19 - 40 cm : Horizon ocre clair (C 54: brun très pâle); non humifère; texture argileuse; à nombreuses taches rouille irrégulières dont certaines en voie d'induration, et à quelques concrétions rouille durcies - Structure assez peu développée: horizon assez durci, débit par plaques à cohésion moyenne à assez forte se réduisant en polyèdres moyens à petits, et en polyèdres grossiers. On y distingue de petits graviers de quartz. Porosité d'agrégats moyenne.
- 40 - 135 cm : Horizon ocre très lavé à gris blanchâtre, essentiellement constitué de grosses concrétions ferrugineuses et manganifères mal individualisées, très durcies, s'anastomosant plus ou moins et constituant une véritable carapace à cuirasse incluant une terre fine gris blanchâtre à ocre très lavé. Dans la terre fine, on distingue les mêmes graviers de quartz.

2. - Famille sur arène granitique gravelleuse

Le matériau originel gravelleux provient de l'altération de granites pegmatitiques. Il est plus ou moins feldspathique ou quartzeux selon la nature de la roche-mère granitique.

L'origine et l'intensité des phénomènes d'hydromorphie sont très variables. Lorsque l'hydromorphie est actuelle et intense dans ces sols, il semble qu'elle y détermine un intense concrétionnement avec nette tendance à la carapace, mais il n'est pas sûr que les phénomènes de ferrugination ancienne ne s'y superposent pas.

Nous distinguerons plusieurs groupes de séries :

a) Série à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace

Les sols de cette série sont équivalents à ceux de la série homologue de la famille précédente. Ils sont plus rares. Le profil VS 8 en donne cependant un bel exemple :

PROFIL VS 8

Situation : Piste de Ziniaré à Sawana et Absoya à 0,7 km de Sawana.
Haut de pente.

Végétation : Savane anthropique à Adansonia digitata, Butyrospermum parkii, Parkia biglobosa.

Description :

- 0 - 18 cm : Horizon gris, faiblement humifère - Texture sableuse un peu argileuse - Structure non développée - Cohésion moyenne à faible.
- 18 - 40 cm : Horizon beige à beige ocre - Texture sablo-argilo-gravelleuse à graviers de quartz, grains d'un granite grossier (gros graviers) - Horizon durci à structure non développée - Cohésion forte - Aspect mal drainé.
- 40 - 70 cm : Horizon rouge clair à plages blanchâtres représentant des feldspaths peu altérés - Altération d'un granite à grains grossiers riche en quartz ferruginisé - Horizon à taches rouge franc s'anastomosant et constituant l'essentiel du fond interrompu par les pores tubulaires ocre - On y distingue de gros cristaux de feldspaths altérés.

Le matériau d'altération de granite est, comme dans le profil VRY 11, très riche en fer: 10 % de fer total avec un rapport fer libre sur fer total très élevé (87 %) qu'on retrouve aussi dans le VRY 11 (92 à 80 %). Le complexe absorbant faiblement acide (pH = 6,1) est proche de la saturation (V = 85 %).

b) Série à faible hydromorphie: quelques concrétions manganifères.

Cette série réalise en fait un faciès peu évolué.

PROFIL VRN 3

Situation : A 4,3 km de Nobéré (départ au premier talweg après le campement), sur la route de Nobéré à Pô.
Faible pente descendant d'un petit plateau cuirassé, quelques affleurements de granite devenant nombreux.

Végétation : Champ de mil

Description :

- 0 - 13 cm : Horizon gris, brunâtre, humifère - Texture gravello-sableuse (graviers de quartz provenant du granite) - Structure non développée, à tendance particulière par endroits ou à débit par éclats - Cohésion moyenne.
- 13 - 58 cm : Horizon brun gris clair à brun clair - Paraissant peu faiblement humifère - Texture gravelleuse un peu argileuse; les graviers sont essentiellement des feldspaths altérés et des quartz produit d'altération d'un granite pegmatitique, très feldspathique; quelques concrétions noires manganifères - Cohésion d'ensemble forte - Structure à tendance prismatique quelques fentes de dessiccations verticales - Bonne porosité - Nombreuses taches rouille ferrugineuses.

58 - 105 cm : Horizon brun clair, essentiellement constitué de graviers de feldspaths peu altérés - Peu ou pas humifère - Texture gravelleuse un peu argileuse identique au précédent - Structure à tendance prismatique - Cohésion forte - Après séchage on note la présence de quelques taches rouille ferrugineuses et de quelques rares concrétions et taches noires manganifères.

105 - 165 cm : Granite pegmatitique en place à grains très grossiers, très riche en feldspath et à mica noir - Les cristaux de feldspath sont aplatis et orientés - Granite friable en voie d'altération.

La ségrégation ferrugineuse sous forme de taches est surtout nette dans le deuxième horizon. Le concrétionnement peu intense est uniquement manganifère. L'hydromorphie est faible. Le complexe absorbant est faiblement acide ne surface, un peu plus acide en profondeur, mais le taux de saturation garde de bonnes valeurs supérieures à 70 %.

Le rapport fer libre sur fer total est très élevé sur l'ensemble du profil traduisant une forte individualisation du fer qui se manifeste dans le deuxième horizon par une forte ségrégation.

c) Série à concrétionnement essentiellement manganifère et bien marquée

PROFIL VS 34

Situation : Sur la piste de Sabouri-Natenga à Sabouri-Nakora, à 2,5 km de la piste de Korsimoro à Sabouri-Natenga.
Zone plane à affleurements de granite.

Végétation : Savane parc à Karité avec strate arbustive à Bauhinia sp.

Description :

- 0 - 21 cm : Horizon gris brun à brun gris, humifère; sablo-gravelleux moyennement argileux; structure non développée, cohésion d'ensemble forte; porosité faible.
- 21 - 59 cm : Horizon à couleur du type brun jaune, pouvant être faiblement humifère, essentiellement constitué de gros graviers de quartz et de feldspaths; terre fine rare argileuse; nombreuses concrétions noires manganifère; cohésion d'ensemble faible.
- 59 - 105 cm : Horizon beige à taches rouges, parfois noires, nombreuses vers le bas; essentiellement constitué de graviers de feldspaths et de quartz; cohésion d'ensemble un peu plus forte surtout dans le bas.
- 105 - 120 cm : Granite pegmatitique peu altéré avec encore ses micas, riches en feldspaths et en quartz.

Les sols de cette série semblent appartenir encore à un type d'hydromorphie assez peu intense et assez juvénile. On explique difficilement la localisation de la ségrégation ferrugineuse dans le bas, ségrégation intense et seulement sous forme de taches, alors que la ségrégation manganifère est intense dans le deuxième horizon : les deux premiers horizons semblent devoir être des apports alors que le troisième horizon serait l'altération en place qui a pu bénéficier du fer du cuirassement ancien. Dans le profil VS 35, le concrétionnement ferromanganifère mais encore à nette dominance manganifère est encore plus intense. Il est difficile dans ces deux profils de faire la part des phénomènes de ferruginations ancienne et actuelle.

Profil VS 35

Situation : Au Km 4.1 sur la piste de Sabouri-Natenga à la Volta Blanche.
Plaine lithosolique à nombreux affleurements de granite, par larges blocs.

Végétation : Savane parc à Faidherbia albida.

Description :

0 - 16 cm : Horizon brun gris clair, humifère ; gravello-sableux un peu argileux ; structure non développée, cohésion d'ensemble assez forte.

16 - 46 cm : Horizon brun gris clair, encore humifère ; très nombreuses concrétions soit ferromanganifères noirâtres soudant des graviers, soit rouille et apparaissant alors comme une imprégnation ferrugineuse des feldspaths ; horizon essentiellement constitué de graviers de quartz et de concrétions ; cohésion assez forte.

46 - 95 cm : Horizon brun gris clair mais ici à taches rouges nombreuses et à nombreuses concrétions manganifères noires vers le haut, diminuant de nombre vers le bas ; cohésion assez forte ; essentiellement constitué de graviers de quartz ; passage brutal au suivant.

95 - 110cm : Granite pegmatitique peu altéré feldspathique et quartzeux.

Dans le deuxième horizon, la ségrégation sous forme de concrétions est simultanée cette fois pour le fer et le manganèse, bien que ce dernier y soit encore dominant. Le concrétionnement est en même temps plus intense. Quant aux concrétions ferrugineuses, ce sont en réalité des pseudocconcrétions formées par imprégnation des feldspaths.

Dans le troisième horizon, il ne subsiste plus que le concrétionnement manganifère. Cependant, une évolution apparaît dans le profil, à savoir un engorgement plus prononcé justifiant une accumulation manganifère plus intense dans le haut du troisième horizon et dans le deuxième horizon. Ce dernier cependant nous est apparu sur le terrain comme un apport différent.

Quelques constantes analytiques apparaissent dans les sols de ces deux dernières séries :

- Le rapport fer libre sur fer total est élevé, traduisant une forte individualisation du fer,
- Le complexe absorbant a une saturation bonne à très bonne : 70 à 100 %, cependant que le pH lui, reste faiblement acide dans la presque totalité des horizons analysés : 5.8 à 6.3. Cela est difficilement explicable dans des sols à faible capacité d'échange. Il serait peut-être dû au fait que certains ions échangeables pourraient provenir de minéraux altérés sans être fixés sur le complexe absorbant. Il ne faut pas oublier que les matériaux sont des arènes granitiques.
- Les capacités d'échange ramenées à la fraction argileuse sont de l'ordre de 10 à 20 méq pour 100g (les résultats d'analyse granulométrique sont assez irréguliers et certains entachés probablement d'erreurs ne sont pas pris en considération) : il s'agirait donc d'argiles kaolinitiques essentiellement.

d) Série à très intense concrétionnement ferrugineux ou ferromanganifère.-

L'hydromorphie apparaît actuelle et très intense dans ce groupe de séries. Le concrétionnement tend souvent à la carapace. Il n'est pas cependant exclu que les effets du cuirassement ancien renforcent ceux de l'hydromorphie actuelle ou subactuelle.

Profil V 98

- Situation : Sur la piste carrossable de Bissiga à Zitenga, au Km 0.5. Plaine faiblement inclinée vers Zitenga (pente inférieure à 1 ‰).
- Végétation : Maigre savane à Lanea microcarpum avec quelques Bombax costatum, strate herbacée à Cochlospermum tinctorium.
- Description :
- 0 - 21 cm : Horizon brun gris clair faiblement humifère ; sableux moyennement argileux à sables grossiers ; structure non développée ; horizon durci , cohésion forte, repose sur un lit de gros graviers de quartz.
- 21 - 80 cm : Carapace ferrugineuse formée de très grosses concrétions irrégulières à très nombreuses apophyses, à surface hérissée de graviers de quartz et qui s'anastomosent ; aspect caverneux ; type très hydromorphe ; repose sur une poche très concrétionnée mais à cohésion faible (caractéristique typiquement hydromorphe).
- 80 - 128cm : Horizon essentiellement gravelleux à gros graviers de quartz à nombreuses concrétions ferrugineuses rouille vers le haut, se détachant mal de l'ensemble de cet horizon très durci à cohésion très forte ; couleur gris très clair devenant dans le bas gris très clair à taches ocre clair et rouille.

Sol typiquement hydromorphe à hydromorphie actuelle avec zone de battement maximum de la nappe hydrostatique de saison de pluies de 21 à 80 cm, mais cette zone qui a affleuré lors du façonnement de la grande surface d'érosion subactuelle, a dû bénéficier des apports de fer de la cuirasse "sus-jacente" disparue. Aux alentours du profil VS 54, on retrouve les restes de cette cuirasse ancienne.

Profil VS 54

- Situation : Sur la piste de Sawana à Togom, à 5 Km de Sawana. Plaine à aspect hydromorphe en surface. Affleurements de cuirasse au Km 5.5.
- Végétation : Savane parc à Butyrospermum parkii, avec Bauhinia sp. nombreux dans la strate arbustive.
- Description :
- 0 - 20 cm : Horizon gris beige à petites taches ocre mal délimitées peu nombreuses ; aspect hydromorphe en surface - Texture gravello-sablo-argileuse - Structure non développée - Cohésion forte - Porosité faible - Cet horizon repose sur lit plus gravelleux à cohésion faible incluant des cailloux de quartz ; lit marquant la discontinuité des matériaux.
- 20 - 63 cm : Horizon gris blanc très intensément concrétionné à très nombreuses grosses concrétions ferrugineuses et manganifères à cassure brun rouille à brun noirâtre foncé sur les bords, cu rouges sur les bords et noirs au centre, irrégulières, du type très hydromorphe ; avec de nombreuses poches sans cohésion - Horizon très caverneux - On y distingue de nombreux graviers de quartz - Cohésion d'ensemble moyenne - Sorte de carapace peu cohérente et caverneuse.
- 63 - 97 cm : Horizon beige très clair à très nombreuses et grandes taches rouges et parfois noires au centre - Texture essentiellement gravelleuse à terre fine argileuse horizon plus durci à cohésion d'ensemble moyenne à forte mais à débit encore particulière, un peu caverneux.
- 97 - 132cm : Horizon beige très clair à grandes taches rouges et nombreuses s'anastomosant - Texture gravello-argileuse - Cohésion d'ensemble forte - Quelques taches noires

A la cohésion de l'horizon de concrétionnement près, nous avons un profil identique au V 98. Là encore, nous avons une intense hydromorphie actuelle de nappe temporaire avec battement maximum donc

dépôt de fer et oxydation maximum de 20 à 63 cm. L'aspect caverneux, les poches de concrétions sans cohésion sont des caractéristiques typiquement hydromorphes. Le complexe absorbant encore moyennement acide de 20 à 63 cm, devient acide en profondeur; le taux de saturation est difficilement interprétable ici, mais il semble que le complexe absorbant soit encore assez bien à moyennement saturé (V = 60 %).

Parfois, comme dans le profil V 25 (route de Kaya à Ouagadougou, à 10 km après la Volta Blanche), l'arène quartzreuse remaniée et concrétionnée est mêlée à des gravillons ferrugineux. Parfois aussi, comme dans les profils V 28 et VS 2, les altérations de granite à grains grossiers à intense concrétionnement sont recouverts par des apports polyphasés à aspect ferrugineux tropical dans le V 28, et aspect mal drainé dans le VS 2 où ils atteignent cependant 80 cm : nous passons aux sols à hydromorphie de profondeur.

3.- Famille sur argile vertique et gravillons ferrugineux

Dans cette famille, les matériaux gravillonnaires qui portent souvent des recouvrements sableux à argilosableux reposent sur une argile vertique. L'engorgement est donc constamment bien marqué et justifie la position de ces sols dans la classe hydromorphe.

Cependant les caractères d'hydromorphie apparaissent souvent assez juvéniles : la ségrégation est souvent essentiellement manganifère et aboutit soit à néoconcrétionnement "pseudo-ferromanganifère" par soudure des gravillons, soit à la formation de concrétions uniquement manganifères bien individualisées. Mais ils peuvent être beaucoup plus intenses avec une ségrégation ferrugineuse.

Nous avons classé ici les sols où les recouvrements de l'argile vertique sont épais (plus de 40 à 50 cm). Lorsque les recouvrements sont peu épais, ces sols ont été retenus au niveau de la série dans les vertisols.

Nous avons maintenu ici les sols où le matériau gravillonnaire est recouvert par une argile à tendance vertique et peut ne pas reposer en profondeur sur l'argile vertique.

Nous distinguerons plusieurs groupes de séries selon la nature des matériaux recouvrant l'horizon gravillonnaire.

a) Série sans recouvrement

Dans cette série, les sols sont gravillonnaires dès la surface.

Profil VK 5

Situation : A 5.2 Km de Wâda, sur la piste Wâda-Karakoulé. Flanc d'une butte à affleurements de roches mélangées à amphiboles, gravillonnaire en surface avec de nombreux affleurements de roches par blocs.

Végétation : Maigre savane arbustive à Acacia senegal, Combretum glutinosum, Strate herbacée à Indigofera sp., Hyparrhenia diplandra et quelques Ctenium elegans.

Description :

- 0 - 16 cm : Horizon brun humifère devenant brun gris et plus humifère par endroits, essentiellement gravillonnaire mais argileux par endroits à gravillons ferrugineux ; formation de nombreuses concrétions ferromanganifères qui sont en réalité la soudure de gravillons ferrugineux par des taches noires bleuté manganifères ; horizon meuble dont les éléments se libèrent très facilement au picchon, cohésion faible ; très bonne porosité ; par endroits en surface, la cohésion devient moyenne, le picchon détache alors des éclats qui se réduisent en polyèdres grossiers ; terre fine argilosableuse ; nombreuses racines de graminées. Présence de quelques cailloux de quartz.
- 16 - 45 cm : Horizon rouge (H 38) paraissant très peu humifère ; essentiellement gravillonnaire ; les gravillons sont recouverts d'une pellicule rouge (H 38) ; nombreuses concrétions noires manganifères ; taches rouille ; horizon assez meuble d'où les éléments se libèrent facilement au picchon ; terre fine rare très argileuse ; quelques cailloux de quartz.

- 45 - 84 cm : Horizon gris blanchâtre à taches ocre, à concrétions noires manganifères, argilogravillonnaire avec une cohésion moyenne au sommet : structure alors polyédrique moyenne à fine ; dans le bas, horizon plus durci moins riche aussi en gravillons à structure prismatique moyenne avec une sous-structure polyédrique grossière. Quelques cailloux de quartz et de granite.
- 84 - 126cm : Horizon olive pâle E 83, très argileux ; structure prismatique moyenne très bien développée par de nombreuses fentes de dessiccation verticales de 1 à 2 cm de large ; par endroits, les faces verticales des prismes sont bien patinées, luisantes. Cet horizon remonte parfois jusqu'à 45 cm, la structure, avec alors une structure prismatique aplatie tendant à la plaque à larges faces de décollement obliques et magnifiquement patinées, luisantes, parfois c'est la structure en plaques patinées toujours à surstructure prismatique moyenne à grossière ; nombreuses concrétions noires manganifères ; quelques taches gris blanchâtre ; quelques gravillons et fines lamelles de mica.

L'horizon s'éclaircit vers la base et passe à un granite altéré essentiellement feldspathique actuellement avec des plages vertes (altération de mica ou d'amphiboles) et des plages blanches feldspathiques.

Le mauvais drainage se marque dès la surface par la ségrégation manganifère autour des gravillons ferrugineux aboutissant à la formation de concrétions. Dans le deuxième horizon, elle est aussi intense mais au lieu de souder les gravillons, elle aboutit à la formation de concrétions manganifères, les gravillons sont l'objet d'une ségrégation ferrugineuse qui les recouvre d'une pellicule ocre sans les souder. En somme, l'hydromorphie semble assez peu marquée dans cet horizon. L'engorgement maximum se produit dans le troisième horizon par arrêt des eaux de drainage au-dessus de l'argile vertique. Il se marque par une décoloration de la terre fine gris blanchâtre, par une ségrégation ferrugineuse sous forme de taches seulement et par une ségrégation manganifère sous forme de concrétions. La soudure des gravillons ne se produit plus parce qu'ils sont noyés dans la terre fine argileuse qui est probablement de nature vertique. On peut expliquer le peu d'intensité de la ségrégation ferrugineuse en rappelant que cette dernière semble /^{atténuée} en milieu vertique (ici les gravillons sont noyés dans une argile vertique) où elle n'apparaît comme ici que lorsqu'il

y a superposition d'une hydromorphie bien prononcée telle dans les vertisols topomorphes ; par contre, la ségrégation manganifère y est très fréquente.

La formation de concrétions "pseudo-ferrromanganifères" en surface correspond en somme à une hydromorphie assez peu prononcée qui se traduit cependant par une accumulation de matière organique par rapport à la terre fine (près de 2 %), mais nous restons en milieu presque saturé, le complexe absorbant est proche de la saturation et le pH est faiblement acide et pas tout à fait en accord avec le taux de saturation.

Dans le profil VY 16, les gravillons reposent directement sur l'argile vertique sans transition :

Profil VY 16

Situation : A 1.5 Km de Barguinsé sur la piste qui va à l'Ouest sur la Volta Blanche.
Paysage constitué de larges buttes aplaties descendant en pente douce sur les talwegs.
Bas de pente.

Description :

- 0 - 27 cm : Horizon brun rouge, humifère, essentiellement gravillonnaire à gravillons de taille moyenne assez bien triés ; à petites concrétions manganifères à pellicule ocre et à cassure noire ; les gravillons ne sont pas cimentés dans la terre fine bien que l'horizon soit assez cohérent ; très bonne porosité.
- 27 - 54 cm : Horizon essentiellement constitué de très nombreux gravillons ferrugineux et concrétions noires manganifères à pellicule ferrugineuse rouille et ocre, sur un fond gris clair à très nombreuses taches rouille et ocre particulièrement à l'emplacement des gravillons et des concrétions. Les taches rouille l'emportent sur le fond gris clair. Horizon durci, mais dont les éléments se libèrent assez facilement au piochon ou donne un débit en plaques à cohésion moyenne.

54 - 120 cm : Horizon olive pâle très argileux ; structure prismatique petite à très petite à faces de décollement obliques patinées avec tendance par endroits à la plaquette oblique patinée ; réseau très dense de fentes de dessiccation ; pâte argileuse truffée de feldspaths et passant progressivement au granite altéré ; quelques concrétions noires manganifères.

120 - 130 cm : Horizon d'altération de granite, argileux, à très nombreux cristaux de feldspaths avec des plages moins altérées où l'on reconnaît la structure initiale de la roche - Structure à tendance polyédrique grossière ou par endroits prismatique aplatie. C'est une altération verticale.

Dans le premier horizon, il y a essentiellement ségrégation manganifère. Le deuxième horizon, grâce à l'hydromorphie bien prononcée au-dessus de l'argile verticale, marque d'assez intenses ségrégations ferrugineuses et manganifères distinctes, la seconde sous forme de concrétions, la première sous forme de taches qui semblent correspondre à l'emplacement des gravillons. L'horizon est assez durci ici par ces taches ferrugineuses, mais reste friable sous le choc du piochon.

Le profil VRZ 6 marque un stade d'hydromorphie paraissant beaucoup plus prononcé.

Profil VRZ 6

Situation : Petite piste partant de la piste Ziou-Zabéré, au Km 2.8, à droite vers la Volta Rouge. Le profil VRZ 6 est situé sur cette piste, à 6.3 Km de la Piste Ziou-Zabré.
Zone plane.

Végétation : Savane arbustive à Butyrospermum parkii, Terminalia glaucescens, Combretum glutinosum ; quelques Acacia indéterminés.

Description :

0 - 17 cm : Horizon gris, humifère, gravillonnaire ; plus sableux sur les 3 premiers centimètres ; structure peu développée, débit à tendance prismatique ; cohésion moyenne à faible ; bonne porosité ; nombreuses et fines racines ; la terre fine est sableuse peu argileuse à sables fins.

- 17 - 35 cm : Horizon de transition, brun assez vif, paraissant cependant encore humifère ; intense néoconcrétionnement ferromanganifère autour de petits gravillons ferrugineux traduisant des phénomènes d'hydromorphie ; présence de quelques cailloux de quartz ; terre fine sableuse peu argileuse à sables fins.
- 35 - 85 cm : Horizon ocre beige s'éclaircissant vers le bas, gravillonnaire à gravillons ferrugineux avec intense néoconcrétionnement ferromanganifère... donnant par endroits de très grosses concrétions ferromanganifères revêtues en surface d'une pellicule nettement différenciée plus durcie, ressemblant à une patine, mais facilement cassables, ^{au piochon} ailleurs, les concrétions sont formées par la soudure de gravillons ou un nourrissement de petits gravillons. Cet horizon est très poreux et le piochon y détache facilement les éléments constitutifs. Dans le bas, il est un peu plus tassé grâce au ciment argileux. Horizon à aspect nettement hydromorphe.
- 85 - 110cm : Horizon brun jaune, argileux, à nombreuses taches blanchâtres et noirâtres ; riche en paillettes de mica et en plages granitiques moins altérées encore reconnaissables. On y dégage de nombreuses faces de décollement patinées : argile de type verticale.

Dans le troisième horizon, à côté des concrétions ferromanganifères formées par la soudure de gravillons ferrugineux nettement discernables, il existe des concrétions mieux individualisées, plus évoluées, avec la formation d'une pellicule externe durcie et mieux cristallisée.

Dans certains de ces profils, les gravillons et les concrétions peuvent être cimentés très fortement par une terre fine argileuse, la cohésion atteint celle d'une carapace, mais le ciment est argileux et non ferrugineux (profil HA 14).

b) Série à recouvrements sableux à sabloargileux

Dans cette série, l'horizon gravillonnaire est recouvert par des apports divers sableux à sabloargileux, et même parfois

105 - 155 cm : Horizon d'altération d'un gneiss grossier riche en feldspaths et en quartz - Cet horizon remonte parfois jusqu'à 70 cm.

Ici, l'horizon argileux n'est pas une argile vertique typique, mais il y tend nettement.

Le premier horizon n'a pas de manifestation visible de l'hydromorphie ; dans le deuxième horizon, il apparaît quelques concrétions témoins d'un engorgement qui intéresse surtout le troisième horizon où ses manifestations restent cependant du type jeune: ségrégation manganifère essentiellement. Il est assez curieux que le deuxième horizon marque une ségrégation ferrugineuse qui ne semble pas se développer dans le troisième horizon où elle aurait dû être plus intense, les concrétions du deuxième horizon, bien qu'irrégulières, pourraient donc avoir été apportées sur une très faible distance et le deuxième horizon serait alors comme le premier peu marqué par l'hydromorphie. Du reste, leur rapport C/N, leur pH, leur saturation sont assez identiques. Le C/N signale une matière organique du type bien décomposée, le pH est faiblement acide : 5.9 à 6.1, mais le complexe absorbant est très proche de la saturation ; les caractéristiques analytiques structurales (K et Is) sont bonnes à assez bonnes.

Dans toutes ces séries, on observe des sols à concrétionnement plus intense.

c) Série à recouvrements épais sableux à sabloargileux puis argilosableux.

Ici, les matériaux qui recouvrent l'horizon gravillonnaire sont épais, ils devraient être classés au niveau de la famille, mais pour éviter la multiplication des familles et aussi pour des raisons de passages graduels des séries précédentes à celle-là, nous les maintenons ici au niveau de la série.

Le type en est donné par le profil VG 70.

Profil VG 70

- Situation : Piste ouverte à la boussole en partant du profil VG 35 situé à 14.2 Km sur la route de Boussougou à Gogo (route Zabré-Ouaga).
- Direction : 32°
- Distance : 14.1 Km du profil VG 35
Dans une zone plane.
- Végétation : Savane parc à Ptereocarpus erinaceus et Lanea velutina ; strate arbustive à Bauhinia sp., Combretum glutinosum, Acacia gourmensis, Terminalia glaucescens et Combretum sp..
- Description :
- 0 - 20 cm : Horizon gris de 0 à 9 cm, puis brun gris à brun gris foncé - Humifère - Texture sableuse à sablo-argileuse. Structure peu développée à tendance prismatique large - Cohésion forte, bonne porosité tubulaire.
- 20 - 45 cm : Horizon brun gris clair à taches ocre et à taches plus grisâtres mais imprécises - Texture argilosableuse, plus brun gris et plus sabloargileux vers le haut - Structure peu développée à tendance prismatique large - cohésion forte - Porosité tubulaire moyenne.
- 45 - 67 cm : Horizon brun à taches plus rouille (couleur fraîche) - Non humifère - Texture argileuse avec une trame de sable visible - Structure prismatique grossière moyennement à assez peu développée avec un faible revêtement argileux sur les faces verticales et quelques rares faces obliques à faible revêtement argileux.
- 67 - 110 cm : Horizon essentiellement constitué de gravillons ferrugineux et de gros pavés et cailloux anguleux de quartz très nombreux avec un néoconcrétionnement manganifère très intense soudant ou tachant les concrétions de noir - Horizon durci ou tassé dans une terre fine argileuse gris blanchâtre ; essentiellement gravillonnaire par endroits, essentiellement pierreux et caillouteux dans d'autres ; de très nombreuses concrétions manganésifères noires de néoformation, ou en voie de formation - Cohésion forte, mais les éléments se libèrent au pic et au piochon.

110 - 128 cm : Horizon brun jaune - Texture argileuse - Structure prismatique assez peu développée dans l'ensemble, les faces verticales ont un revêtement argileux brillant, on dégage de belles patines obliques très luisantes et striées, parfois gris blanchâtres : argile verticale se continuant jusqu'à 165 cm.

Ce dernier horizon est une argile verticale assez typique avec ses belles faces de glissement obliques luisantes et striées, mais les patines des faces verticales ne sont pas une caractéristique typique dans nos argiles verticales ; l'hydromorphie assez intense dans cette argile verticale se traduit par une décoloration des faces obliques de glissement.

L'horizon gravillonnaire est bien caractéristique d'une hydromorphie jeune se traduisant ici essentiellement par une ségrégation manganifère. C'est le manganèse qui soude les gravillons en "néoconcrétions". L'horizon est durci mais les éléments reprennent leur individualité sous le choc du piochon.

Dans les horizons supérieurs, le mauvais drainage bien caractérisé est encore du type jeune. Il se traduit dans le premier horizon par une certaine accumulation de matière organique (1.7 %) à C/N cependant encore assez correct pour un sol vierge (14.5), par une structure à tendance prismatique.

Dans les deux autres, il se traduit par une ségrégation ferrugineuse sous forme de taches, une structure prismatique grossière à large avec des revêtements argileux dans le troisième horizon.

Seuls les trois premiers horizons ont été analysés ici, et pour avoir une idée de la fertilité de ces sols.

Le pH qui est faiblement acide en surface (6.5) grâce à l'influence de la matière organique s'abaisse dans les horizons suivants tout en restant cependant moyennement acide (5.6 à 5.7) cependant que le taux de saturation garde des valeurs bonnes et assez bonnes.

Dans le troisième horizon, la capacité d'échange des argiles atteint plus de 26 méq pour 100g, impliquant une représentation dans la fraction argileuse d'argiles du type 2/1, probablement à tendance gonflante ici et corrélative de l'apparition de quelques faces obliques à tendance patinée, mais nous sommes loin de la véri-

table argile verticale : macroporosité bonne, perméabilité moyenne, à assez bonne, stabilité structurale médiocre.

L'hydromorphie est toujours assez bien caractérisée dans cette série de sols.

d) Séries à recouvrement argileux à tendance verticale à brun entrophe

Il s'agit de matériaux argileux peu épais possédant des caractéristiques bruns entrophes verticales et reposant sur un horizon gravillonnaire. Cet horizon gravillonnaire peut reposer ou non sur une argile verticale. Quant aux matériaux argileux, ils peuvent s'épaissir et le sol passe alors dans le sous-groupe sols bruns entrophes verticales. Nous distinguerons :

d.1- Les sols non . . . verticales en profondeur

Profil VL 7

- Situation : Sur la route de la Volta Blanche à Limnoghin (grand axe routier Koupéla-Ouagadougou), à 6.4 Km de la Volta. Paysage constitué depuis la Volta d'une succession de faux plats. Zone plane faiblement inclinée vers l'Est. Quelques fentes de dessiccation en surface.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis, Combretum glutinosum, Sclerocarya birrea, Sterculia setigera et Bauhinia sp.. La strate herbacée est à base d'Andropogon gayanus avec cymbopogon species.
- Description :
- 0 - 18 cm : Horizon brun noir J 62, paraissant bien humifère ; texture argileuse avec quelques gravillons ferrugineux ; En surface, sur 1 à 2 cm la structure est li-tée et cette couche se détache bien du reste (apports récents) ; elle devient ensuite polyédrique grossière à très grossière assez bien développée à surstructure polyédrique large à cubique ; assez bonne porosité d'agrégats de saison sèche ; très nombreuses racines par

endroits avec alors une structure polyédrique plus petite bien développée ; par endroits, la structure reste large sans sousstructure ; cohésion forte à assez forte ; épaisseur irrégulière ; horizon débordant par poches dans le suivant.

- 18 - 28 cm : Horizon de transition brun encore humifère, essentiellement gravillonnaire, gravillons de couleur brun foncé H 32 se cassant facilement contre les vêtements, à cassure soit acier, soit ocre, soit à taches brunes et bleu acier ; terre fine argileuse, cohésion faible ; épaisseur irrégulière.
- 28 - 73 cm : Horizon à taches jaune et gris clair mal délimitées, essentiellement constitué des mêmes gravillons que précédemment ; par endroits pénétration humifère brune dans le haut ; horizon assez durci où le piochon détache des éclats à cohésion faible d'où se libèrent facilement les gravillons.

L'évolution brun eutrophe intéresse le premier et le second horizon ; le troisième étant essentiellement un horizon hydro-morphe jeune. Dans le premier horizon, à la faveur du matériau original, très argileux, la tendance est brun eutrophe verticale. Nous retrouverons ces caractéristiques dans l'horizon superficiel du profil VL 21 étudié un peu plus loin.

Les horizons gravillonnaires de profondeur peuvent être le siège d'accumulation calcaire, comme le montre le profil VL 6 B où l'horizon argileux superficiel n'existe pas.

Profil VL 6B

- Situation : Au niveau du Km 5.2 sur la route de la Volta à Limnoghin, à 100 mètres à droite de la route. Sommet d'une large butte aplatie.
- Végétation : Savane bien arborée à Anogeissus leiocarpus avec Acacia senegal, Balanites aegyptiaca, Acacia gourmensis - Strate herbacée à Andropogon gayanus.
- Description :

- 0 - 20 cm : Horizon brun gris clair, humifère, presque essentiellement gravillonnaire à gravillons ferrugineux bien calibrés ; terre fine sablcargileuse à structure finement grenue ; cohésion moyenne à faible ; les gravillons ont conservé leur patine ; il n'y a pas de trace de reprise de ferrugination.
- 20 - 53 cm : Horizon identique par sa composition gravillonnaire, encore humifère dans le haut ; terre fine argileuse où l'emplacement des gravillons est ocre-rouille, une pellicule ocre-rouille commence à recouvrir les gravillons ; horizon assez durci au piochon qui y détache soit directement les gravillons, soit des éclats à cohésion assez faible d'où se libèrent les gravillons.
- 53 - 120cm : Horizon identique mais contenant aussi de nombreux cailloux de quartz, les gravillons sont moins calibrés ; couleur d'ensemble ocre dans le haut avec dans le bas des amas calcaires blanchâtres très nets de 65 à 80 cm environ, mais l'horizon entier fait effervescence à l'acide.
Les gravillons sont recouverts d'une pellicule ocre rouille ; présence de taches ocre-rouille et de quelques taches noirâtres.
Les autres caractéristiques restent identiques par rapport au précédent.

Ce profil ne fait pas partie en fait des sols de cette famille, mais il se situe dans leur zone cartographique. Il est constitué en fait des matériaux gravillonnaires qui ne sont plus recouverts par les apports argileux.

L'accumulation calcaire commence tôt dans le profil, elle est due à des phénomènes d'hydromorphie en milieu riche en calcium, la nature gravillonnaire de l'horizon a exalté l'accumulation de calcaire.

d.2- Sols sur argile verticale en profondeur

Profil VL 21

Situation : Sur la route de Limnognin à Wayen (grand axe Ouagadou-

gou-Koupéla), 6.2 Km après la Volta.
Zone plane à drainage externe faible.

Végétation : Savane arbustive à Acacia senegal, Combretum glutinosum, Bauhinia sp., Acacia gourmensis, Terminalia macroptera d'où émergent quelques arbres : Bombax costatum, Sclerocarya birrhea. La strate herbacée est à base d'Andropogon gayanus avec Cymbopogon species et autres Andropogon indéterminés.

Description :

- 0 - 17 cm : Horizon brun foncé J 32 ; humifère ; texture très argileuse devenant gravillonnaire à sa base ; épaisseur irrégulière ; structure tantôt peu développée : larges débits polyédriques à cohésion forte à assez forte pouvant se réduire en polyèdres grossiers à cohésion forte , tantôt polyédrique grossière très bien développée avec alors un aspect brisé ; quelques fines fentes de dessiccation verticales ; porosité tubulaire grossière variable assez bonne autour des touffes de racines ; assez faible par ailleurs ; les gravillons sont recouverts d'une pellicule ocre-rouille de néoformation.
- 17 - 85 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire (gravillons ferrugineux) très caillouteux et pierreux, littéralement truffé de cailloux, pierres et pavés de quartz généralement ferruginisés en surface pour les cailloux (ferrugination ancienne) ; les gravillons sont recouverts d'une fine pellicule ocre-rouille, leur emplacement est patiné et taché d'ocre-rouille vers le haut, d'ocre et de gris clair blanchâtre vers le bas ; horizon cohérent d'où cependant les gravillons se libèrent bien sous le choc du piochon, nombreuses et fines racines.
- 85 - 100cm : Horizon brun clair D 54 à sec, brun rouge à l'état humide E 43 ; très argileux, compact à très nombreuses fentes de dessiccation irrégulières ; structure polyédrique grossière à prismatique ou cubique moyennement développée avec des arêtes vives et des faces de décollement obliques patinées ; horizon verticale argilogravillonnaire par endroits.

Le mauvais drainage intéresse l'ensemble du profil. En surface, il se traduit par une relative accumulation de matière organique (2.2 %) à C/N élevé (16.5) en surface et dans le deuxième horizon par une ségrégation ferrugineuse. Dans le troisième horizon, il est d'origine pétrographique.

Le complexe absorbant a un pH acide qui reste encore moyennement acide dans l'horizon vertique lui-même, cependant que la saturation est complète ou quasi-complète (80 à 100 %). Nous retrouverons ce phénomène dans les vertisols. Nous considérons que la morphologie qui rapproche cet horizon superficiel de celui des sols bruns entrophes vertiques est en accord avec le taux de saturation.

Dans le premier horizon, le taux d'argile doit être considéré comme inexact par défaut, le rapport fer libre sur fer total est élevé traduisant une forte individualisation des hydroxydes de fer qui ne se manifeste^{pas} par une ségrégation, malgré le mauvais drainage. L'analyse de la fraction argileuse donne une assez forte proportion d'illites et de montmorillonite (40 % dont 20 d'illites et 20 de montmorillonite, le reste de la fraction argileuse étant constitué de kaolinite) situant bien cet horizon dans nos sols bruns entrophes vertiques. Par ailleurs, la teneur en minéraux de réserves donnée par les bases totales 31.2 méq pour 100g, est deux fois et demi supérieure à la somme des bases échangeables déjà élevée : 12 méq pour 100g.

Le troisième horizon est une argile vertique typique où la fraction argileuse est constituée essentiellement de montmorillonite (80 %).

4.- Famille sur gravillons et cailloux

Les sols de cette famille sont à rapprocher de ceux de la famille sur arène granitique gravelleuse, mais ici le matériau originel plus grossier, caillouteux, est dérivé de pegmatites. Il peut être remanié et mêlé à une proportion plus ou moins grande de gravillons ferrugineux.

a) Séries caillouteuses non gravillonnaires

Profil VMD 16

- Situation : Au km 1.6 sur la piste ouverte à la boussole, joignant la piste de Mandié-Volta Blanche à celle de Gaongo à la Volta ; le point de départ étant au 12 Km sur la piste de Mandié à la Volta.
- Direction : 320°
- Zone plane légèrement inclinée vers la gauche : pente inférieure à 1 % - Accumulation de sable grossier autour de petites buttes de touffes d'herbe ; la surface du sol s'écaille par endroits en lamelles. Remontée de grosses concrétions de néoformation et de cailloux de quartz par les animaux avec formation de petits tas.
- Végétation : Savane assez dense à Bombax costatum, Sterculia setigera, Terminalia glaucescens avec Butyrospermum parkii, Combretum glutinosum ; et dans la strate herbacée, Cochlospermum tinctorium et Andropogon gayanus par touffes dispersées.
- Description :
- 0 - 17 cm : Horizon gris à gris beige, peu humifère - Texture sableuse à sable grossier dominant, très peu argileux - Structure peu développée ; gros à larges débits polyédriques à cohésion assez forte - Porosité tubulaire moyenne à faible par petits pores.
- 17 - 65 cm : Horizon brun jaune clair D 72, essentiellement constitué de cailloux de feldspaths ferruginisés à cassure rouille ressemblant à des concrétions, certains très ferruginisés sont moins reconnaissables ; la cassure est rouille jaune et blanc jaunâtre, peu altéré, on y distingue nettement les cristaux de feldspaths et un clivage - Cailloux irréguliers anguleux salis par la terre fine dont ils ont en surface la couleur - Avec de gros cailloux de quartz anguleux mais dont certains sont émoussés - Terre fine peu abondante brun jaune clair, de texture sableuse à sable grossier, un peu argileuse - Cohésion d'ensemble faible, horizon très poreux et très meuble.

65 - 90 cm : Horizon de démantèlement de pegmatite, brun jaune, plus feldspathique et micacé, plus typique que précédemment, brun clair D 54 - Horizon constitué ici de gros cristaux de feldspaths non altérés et de grandes paillettes de mica blanc non altérées et empilées les unes sur les autres, et des mêmes produits en voie d'altération, démantelés - Terre fine rare argileuse à sables grossiers - Horizon peu cohérent et meuble.

Le pseudo-concrétionnement très intense dans le deuxième horizon, a une allure un peu insolite dans ce profil pour deux raisons :

- l'hydromorphie ne semble nullement affecter le premier horizon qui apparaît comme un apport superficiel récent postérieur au phénomène de concrétionnement: pH neutre dans ce matériau sableux (6,9), somme des bases échangeables assez bonne; complexe absorbant saturé (V 100 %), ségrégation des hydroxydes nulle.
- arrêt brutal de la ségrégation ferrugineuse en profondeur, aussi, où elle n'intéresse nullement le 3ème horizon qui est un démantèlement de pegmatite pourtant meuble et peu cohérent.

Pourtant, l'aspect de la surface du sol indique un mauvais drainage actuel qui semble se traduire du reste, sur le 1er horizon, par une certaine accumulation toute relative bien sûr, de matière organiques (1,6 %) à C/N élevé (17,6 %).

Il doit s'agir en définitive pour ce sol d'un mauvais drainage actuel, mais peu prononcé s'exerçant dans un matériau à ferrugination ancienne (principalement sous l'action du cuirassement ancien). La présence de cailloux de quartz émoussés dans le deuxième horizon semble indiquer un remaniement.

b) - Séries gravillonnaires et caillouteuses-

PROFIL VO 10

Situation : Au Km 14,4, sur la piste de la Volta Blanche (Yakala) à Lengua - Tenkodoga. Zone plane à légère pente inférieure à 1 %, avec de nombreux affleurements de granite.

Végétation : Savane parc à Parkia biglobosa, Ficus sp., Kaya senegalensis (planté); strate herbacée à Andropogon gayanus.

Description :

0 - 17 cm: Horizon brun faiblement humifère, sableux, structure non développée, cohésion moyenne, caillouteux en surface (enrichissement relatif) contient quelques gravillons et gros cailloux de quartz usés.

17 - 72 cm: Horizon essentiellement gravillonnaire à cailloux de quartz très nombreux sur les 15 à 20 cm supérieurs avec des cailloux de feldspaths jaunis; assez nombreuses concrétions ferro-manganifères, l'ensemble est poreux et les éléments se libèrent facilement au piochon.

72 - 155 cm : Altération d'un granite à grains grossiers riche en quartz par endroits faciès pegmatitique, en d'autres endroits faciès plus fin donnant un produit argileux.

Le profil VO 11, situé sur la même piste, à 2,7 km du VO 10 en allant vers Tenkodogo, réalise un terme moins gravillonnaire avec de 29 à 61 cm, un horizon constitué de cailloux de quartz et de roches, de gravillons ferrugineux, de petites concrétions ferro-manganifères avec un ciment argileux de 45 à 61 cm. A 61 cm, il repose sur le granite peu altéré pegmatitique par endroits. Par contre, il comporte un recouvrement argilo-sableux.

B.2. - SOLS A PSEUDOGLEY DE PROFONDEUR

B.2.1. - Pseudogley de profondeur à concrétions et taches

1.7 Famille sur arène granitique gravelleuse.

Le matériau originel est le même que dans la famille homologue des sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble, mais ici le matériau gravelleux est le plus souvent recouvert par des apports polyphasés, l'ensemble réalisant un pseudo-profil ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions. Nous verrons dans la famille sur arène granitique argilo-sableuse la discussion de ces apports polyphasés et de leur évolution.

Nous distinguerons deux groupes de séries :

a) Séries gravelleuses sur l'ensemble du profil

PROFIL H A 24

Situation : Sur la piste de Yambassé, à 2,2 km de la piste Zabré-Volta-Kampala. Cette piste de Yambassé part de la piste Zabré-Volta-Kampala au km 18. Le profil est situé sur le haut de pente d'une légère butte.

Végétation : Savane parc à Karité avec strate arbustive bien venue à Combretum sp. (glutinosum), Terminalia sp., avec à 50 mètres à droite, un peuplement de Pteleopsis suberosa. A quelques 20 mètres plus loin, nombreux Terminalia sp., et Gardenia sp. (aqualla).

Description :

0 - 18 cm : Horizon gris, humifère, essentiellement constitué de gros graviers de quartz, terre fine sablo-argileuse; ensemble à cohésion moyenne à assez forte, à structure fondue: débits par blocs à cohésion moyenne à assez forte; assez bonne porosité tubulaire; nombreuses racines de graminées par endroits.

- 18 - 33 cm : Horizon brunâtre, encore humifère ; texture et structure identiques aux précédentes : horizon peut être un peu plus durci cependant.
- 33 - 49 cm : Horizon gris clair à taches rouille peu nombreuses ; bonne porosité tubulaire avec cependant une structure et une cohésion identiques aux précédentes ; la terre fine semble avoir une trame plus grossière qu'en surface et elle est sableuse à sablo-argileuse. Horizon essentiellement gravelleux.
- 49 - 150cm : Horizon essentiellement gravelleux, à taches jaunes pâles, ocre et rouille, à concrétions rouille cassables (taches durcies) ; horizon très ferruginisé paraissant presque tendre vers la carapace, à limite supérieure bien tranchée ; cohésion d'ensemble très forte dans le bas on devine le granite altéré en place avec des cristaux de feldspaths peu altérés et une intense imprégnation ferrugineuse.

Le dernier horizon de ce sol rappelle étrangement les altérations de granite ferruginisées à taches durcies. On rencontre par endroits dans cette zone de telles altérations sur matériaux gravelleux en affleurement avec des restes de cuirasses anciennes. Il semble donc bien qu'il s'agisse en profondeur d'un horizon à hydromorphie ancienne et à recouvrements gravelleux polyphasés. Il ne semble pas y avoir eu de lessivage prononcé car cela se serait traduit par une désaturation rapide du complexe dans ce matériau gravelleux quartzeux : le pH reste faiblement acide et sans variation le long du profil, on peut en dire de même du taux de saturation qui reste très élevé le long du profil et dont la baisse est inexplicable dans le dernier prélèvement.

Il semble y avoir une discontinuité dans la teneur en P205 total entre les apports et l'altération ferruginisée, discontinuité inexplicable par la différence entre les teneurs en matières organiques et qui soulignerait ainsi la discontinuité d'origine.

Dans le profil VS 39, le concrétionnement est essentiellement manganifère, il est difficile de faire la part du matériau original, de l'hydromorphie et même peut-être de la ferrugination ancienne :

Profil VS 39

Situation : Au Km 0.9 sur la piste de Sabouri-Nakora à Passotenga -Beta

Plaine lithosolique à très nombreux affleurements de granite.

Descripti on :

- 0 - 25 cm : Horizon brun gris clair, faiblement humifère ; sablo-gravelleux, légèrement argileux ; structure non développée ; cohésion moyenne à assez forte.
- 25 - 55 cm : Horizon brunâtre encore faiblement humifère à nombreuses petites taches ocre marquant l'emplacement lissé des graviers de quartz dans la terre fine ; essentiellement gravelleux à graviers de quartz et de feldspaths, vers le bas, nombreuses taches rouges s'anastomosant ; quelques concrétions noires manganifères ; cohésion d'ensemble moyenne devant plus forte vers le bas.
- 55 - 88 cm : Horizon à fond rouge clair à assez nombreuses concrétions noires manganifères ; essentiellement constitué de graviers de feldspaths et de quartz ; horizon plus durci ; cohésion assez forte due aux hydroxydes de fer.
- 88 - 140cm : Horizon beige à taches rouges, essentiellement constitué de graviers de quartz ; horizon durci à cohésion d'ensemble moyenne à assez forte.

b) Séries à recouvrements polyphasés à tendance ferrugineux tropical.

Les apports polyphasés sont sableux à sabloargileux en surface, sabloargileux à argilosableux en profondeur. Ils sont peu évolués, mal drainés à tendance ferrugineux tropical.

Profil V 28

- Situation : A 14.2 Km de la Volta Blanche sur la route de Kaya à Ouagadougou.
Zone plane à très légère pente inclinée vers l'Ouest.

Végétation : Savane parc à Lanea macrocarpa, Sterculia setigera, avec strate arbustive bien venue à Guiera senegalensis, Combretum glutinosum ; strate herbacée à Hyparrhenia diplandra, Andropogon gayanus et quelques Cymbopogon sp..

Description :

0 - 12 cm : Horizon gris devenant gris brunâtre à la base ; faiblement humifère ; texture sabloargileuse à sables grossiers et très grossiers ; structure très peu développée, larges débits polyédriques à cohésion forte ; porosité uniquement tubulaire variable ; quelques racines qui paraissent comme cimentées dans la terre.

12 - 40 cm : Horizon ocre beige à quelques fines nuances ocre, ne paraissant pas humifère ; texture argilosableuse à sables très grossiers ; nombreux graviers de quartz ; horizon durci à débit difficile par éclats à cohésion forte ; porosité faible essentiellement assurée par de fins pores tubulaires.

40 - 125cm : Horizon ocre lavé à très nombreuses et grosses concrétions rouille très irrégulières à nombreuses apophyses, certaines sont encore cassables sur les bords ; elles sont réparties régulièrement dans une terre fine ocre lavé et peu abondante ; à partir de 115 à 120 cm, le nombre des concrétions diminue.

A partir de

125 cm : On passe progressivement au granite altéré en place, à gros grains (0.5 cm environ) kaolinitisés à très nombreuses taches rouille, sorte d'arène grossière cimentée par un peu d'argile et par du fer.

Dans ce profil, on saisit assez mal la discontinuité entre les différents matériaux jusqu'au granite, seul ce dernier tranche nettement par sa nature beaucoup plus grossière, mais on retrouve des sables très grossiers dans tous les autres horizons.

Dans le profil VS 21, la discontinuité entre les différents matériaux apparaît plus nettement, les apports superficiels sont plus mal drainés ou en tout cas traduisent mieux les phénomènes d'hydro-

morphie par une ségrégation ferrugineuse constante mais assez diffuse, mais le sol appartient bien aux sols à hydromorphie de profondeur : intense hydromorphie aboutissant à une très intense ségrégation ferromanganifère sous forme de concrétions avec passage à la carapace.

Profil VS 2

- Situation : A 2.7 Km de la route de Ouagadougou, sur la piste de Bissiga à Tanguen-Sawana.
Longue pente faible avec des affleurements de granite, ici nous sommes pratiquement en zone plane.
- Végétation : Savane parc à Lannea sp., Bombax costatum, Adansonia digitata avec des repousses de Bauhinia.
Zone de cultures.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon gris clair à taches ocre pâle mal délimitées, faiblement humifère à aspect mal drainé ; sableux un peu argileux avec dominance des sables de grosseur moyenne mais avec aussi des sables très grossiers (> 2 mm) ; structure peu développée, prismatique large à cohésion forte ; porosité faible.
- 15 - 27 cm : Horizon beige gris à taches ocre clair mal délimitées anastomosées ; faiblement humifère ; texture sableuse un peu argileuse ; contient quelques petites cristaux de feldspaths ; structure et cohésion identiques aux précédentes ; assez bonne porosité tubulaire grossière.
- 27 - 40 cm : Horizon beige à taches ocre pâle nombreuses, mal délimitées, s'anastomosant, parfois plus foncées ; texture sabloargileuse avec toujours dominance d'une trame de sables moyenne ; structure peu développée, cohésion forte malgré une très bonne porosité tubulaire grossière.
- 40 - 80 cm : Horizon beige clair à nombreuses taches ocre plus foncé ; texture essentiellement gravelleuse (graviers de quartz) moyennement argileuse (moins argileuse que précédemment) ; structure peu développée, cohésion

forte ; porosité tubulaire grossière bien développée.

- 80 - 90 cm : Horizon essentiellement constitué de grosses concrétions ferro-manganifères à cassure brun rouille à centre noir, ou rouille foncé, à taches noires paraissant formées dans le granite : on y distingue de petits cristaux de feldspaths. Certaines concrétions non cassables à la main ont une cassure brun rouge foncé et une forme irrégulière à nombreuses apophyses.
- à 90 cm : Carapace à cuirasse ferromanganifère rouille foncé à taches noires se réduisant difficilement au piochon en concrétions identiques à celles de l'horizon précédent.

Il y a deux types de concrétions dans le cinquième horizon et dans le contexte de ces études, le deuxième type de concrétionnement doit faire penser à des gravillons repris par l'hydromorphie, mais il est difficile de l'affirmer. L'absence totale de concrétionnement dans le quatrième horizon, malgré la nature grossière du matériau et l'intense concrétionnement dans le cinquième horizon, montrent que ces deux horizons ont très probablement des origines différentes : le cinquième ainsi que le sixième sont fortement marqués par la ferrugination ancienne à laquelle se superpose une hydromorphie actuelle, les horizons surmontant le cinquième sont des apports plus récents à hydromorphie uniquement actuelle plus récente.

2.- Famille sur gravillons à recouvrements divers

Le matériau originel est constitué ici de gravillons ferrugineux à recouvrements divers, mais principalement polyphasés sableux à sabloargileux puis argilosableux formant souvent un pseudo-profil ferrugineux tropical lessivé à concrétions cu (et) cuirasse, ou argilosableux à argilolimoneux. Dans la famille suivante, le matériau gravillonnaire (gravillons ferrugineux) ou (et) gravelleux est recouvert par des apports typiquement sableux, et l'ensemble repose sur le granite peu ou pas altéré : nous en avons donc fait une famille à part.

L'intensité et la nature du concrétionnement, la présen-

ce de cuirasse ancienne en profondeur permettent de distinguer plusieurs groupes de séries :

- a) Séries sur cuirasse à carapace ancienne à néoconcrétionnement essentiellement manganifère faible hydro-morphie actuelle :

Profil V 89 .

Situation : Sur la piste de Imiyougou à Ouga, au Km 6.7 - Faible pente descendant d'une zone plane à affleurements de nombreux blocs de cuirasse.

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon brun clair, faiblement humifère ; texture limoneuse un peu argileuse ; structure prismatique large s'affirmant par de fines fentes de dessiccation verticales ; cohésion forte ; porosité uniquement tubulaire assez faible.
- 15 - 41 cm : Horizon brunâtre, moins humifère ; texture argilolimoneuse, identique au précédent par la structure et la cohésion ; porosité tubulaire très fine type mie de pain.
- 41 - 55 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire avec phénomène de soudure par des taches manganifères - Ensemble cependant non durci dont les éléments se libèrent facilement au picchon.
- 55 - 150cm : Carapace ferromanganifère rouge très riche en taches noires manganifères ; formée sur schistes ; on y reconnaît la schistosité de la roche-mère.

Le mauvais drainage se caractérise ici par la structure prismatique dans les horizons 1 et 2, la porosité à tendance mie de pain dans l'horizon 2, la ségrégation manganifère dans l'horizon 3.

b) ^à Séries/néoconcrétionnement intense.

Les recouvrements sont plus ou moins épais.

Dans le profil VMK 13, ils apparaissent nettement peu évolués mal drainés.

Profil VMK 13

- Situation : Sur la piste bousscle Ouest Mankaraga - Volta Blanche, au Km 4.6.
Zone plane avec des tas de gravillons et concrétions ramenés en surface par la faune du sol.
- Végétation : Savane assez arborée à Bombax costatum, Pterocarpus erinaceus, Anogeissus leicocarpus avec quelques Ajansonia digitata ; strate arbustive à base de Combretum glutinosum et Acacia gourmensis, strate herbacée bien venue à Andropogon gayanus avec Cochlospermum tinctorium.
- Surface du sol Aspect battu à réseau de fines fentes de dessiccation. Quelques restes de pierres cuirassées dans lesquelles on distingue des gravillons ferrugineux et quelques cailloux de quartz.
- Description :
- 0 - 11 cm : Horizon brun gris à gris brun, humifère ; plus gris et plus humifère en surface ; texture argilosableuse à sables très fins (à la limite du limon grossier) ; structure peu développée, cohésion assez forte ; porosité faible assurée par quelques petits pores tubulaires.
- 11 - 26 cm : Horizon brunâtre avec des nuances brun-rougeâtre encore humifère ; texture argileuse à argilosableuse à sables très fins (à la limite du limon grossier), structure non développée ; cohésion forte ; porosité tubulaire moyenne.
- 26 - 57 cm : Horizon brun rougeâtre (F 44) à taches imprécises plus rouges et plus beiges, ne paraissant pas humifère ; texture identique à la précédente ; structure peu développée : débit grossier à tendance polyédrique et à cohésion forte ; porosité tubulaire moyenne.

57 - 105 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire avec quelques gros cailloux de quartz ; intense reprise de ferrugination : terre fine beige clair à taches ocre-jaune, gravillons soudés par taches mangani-fères bleu-noir avec en profondeur de grosses concrétions irrégulières, à nombreuses apophyses, à cassure brun rouge foncé et taches noires formés par la soudure de gravillons.
Cet horizon remonte plus haut par endroits.

Dans le profil V 20, les recouvrements polyphasés sont plus épais, l'hydromorphie est plus prononcée, l'ensemble prend l'aspect d'un pseudoprofil ferrugineux tropical lessivé à concrétions hydromorphe :

Profil V 20

Situation : A 1.3 Km de la Volta Blanche, sur la route de Kaya à Ouagadougou.
Zone plane précédant une croupe cuirassée.

Végétation : Savane arbustive à Anogeissus leiocarpus avec Bombax costatum, Combretum glutinosum, Combretum sp.; strate herbacée à Andropogon sp. avec quelques Andropogon gayanus et Cymbopogon giganteus.

Description :

0 - 16 cm : Horizon gris D 61, humifère, texture argilosableuse à sabloargileuse à sables fins dominants ; structure peu développée : gros débits polyédriques à cohésion forte ; des fentes de dessiccation distantes de 20 à 25 cm bien marquées et descendant jusqu'à la limite inférieure du deuxième horizon ; porosité essentiellement tubulaire faible.

16 - 34 cm : Horizon ocre clair grisâtre C 61, avec des nuances plus grises et plus ocre et quelques fines taches et fines concrétions rouille ; paraît encore faiblement humifère ; texture argileuse ; horizon durci à structure très peu développée : débit difficile par éclats aplatis ; cohésion d'ensemble forte ; cependant aux endroits où les racines sont nombreuses, l'horizon a

un aspect brisé avec une structure polyédrique grossière ; porosité faible assurée par quelques fins pores tubulaires.

- 34 - 88 cm : Horizon ocre un peu lavé C 56, avec des taches rouille pâle et d'assez nombreuses et petites concrétions noires cassables ; texture argileuse ; structure variable ; par endroits très peu développée, par endroits polyédrique moyenne à petite moyennement développée.
- 88 - 140cm : Horizon essentiellement gravillonnaire à couleur de fond gris blanchâtre devenant de plus en plus blanchâtre vers le bas, les gravillons sont transformés en grosses concrétions irrégulières, anguleuses ; assez nombreux cailloux de quartz.

c) Séries à néoconcrétionnement intense passant à la carapace.

Ce groupe de séries est le plus typique des manifestations de l'hydromorphie dans ce matériau. Il est probable cependant que l'intense hydromorphie actuelle masque les effets de la ferrugination ancienne en profondeur auxquels elle superposerait les siens.

Profil V 19

Situation : Route de la Volta Blanche à Bissiga (axe routier Kaya - Ouagadougou) à 400 m de la Volta.
Zone plane.

Végétation : Savane arbustive à Bombax costatum, Anogeissus leio-carpus, Combretum micranthum avec Combretum glutinosum, Guiera senegalensis, Bauhinia sp. ; strate herbacée à Andropogon gayanus par grosses touffes et à Loudetia togoensis.

Description :

- 0 - 20 cm : Horizon gris beige, faiblement humifère, sableux à sabloargileux à sables grossiers et à quelques gravillons ferrugineux ; structure non développée, gros débits

- polyédriques à cohésion forte ; porosité moyenne finement tubulaire avec quelques pores moyens, racines d'arbustes à la base.
- 20 - 30 cm : Horizon de transition, beige ocre grisâtre ; encre humifère ; sabloargileux à sables grossiers plus gravillonnaire ; structure polyédrique très grossière peu développée ; cohésion assez forte ; fine porosité tubulaire moyenne avec de nombreux et très fins agrégats grenus. Quelques racines d'arbustes.
- 30 - 50 cm : Horizon ocre clair, essentiellement gravillonnaire ; horizon cohérent d'où cependant les gravillons se libèrent bien au piochon ; terre fine sabloargileuse à sables grossiers ; la surface des gravillons est recouverte de terre fine gris blanchâtre ; bonne porosité d'ensemble.
- 50 - 110 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire, mais les gravillons sont évolués ici en concrétions irrégulières, anguleuses, tendant à se cimenter en carapace par endroits

L'hydromorphie s'installe dans ce profil à partir du 3ème horizon, mais bien que ce dernier soit gravillonnaire, il n'y a pas de phénomènes de recimentation. Ceci suppose que les solutions ferrugineuses libérées à partir de cet horizon ne s'y maintiennent pas et vont s'accumuler plutôt dans le 4ème horizon, corrélativement du reste, on constate une déferritisation de la terre fine à la surface des gravillons du 3ème horizon.

Dans le dernier horizon, le concrétionnement intense tend vers la carapace par endroits.

Dans le profil V 22, c'est une véritable cuirasse de néoformation qui se forme dans l'horizon gravillonnaire, son aspect feuilleté traduit une intense hydromorphie avec mouvement dique

Profil V 22

Situation : Route de la Volta Blanche à Bissiga (axe routier Kaya Ouagadougou) au Km 4.8. Large plaine s'étendant depuis le km 2.8).

Végétation : Savane très arbustive à Combretum glutinosum avec Anogeissus leiocarpus, Combretum micranthum, Butyrospermum parkii ; strate herbacée à Andropogon gayanus et autres Andropogon indéterminés (nom vernaculaire : Tilé).

Description :

- 0 - 16 cm : Horizon gris, humifère, devenant brunâtre et moins humifère dans le bas ; sablo-argileux à sables fins avec quelques gravillons ferrugineux ; structure non développée, gros débits polyédriques à cohésion forte quelques fines fentes de dessiccation verticales peu marquées ; porosité uniquement tubulaire variable, moyenne par endroits surtout assurée par de fins pores tubulaires ; quelques racines.
- 16 - 34 cm : Horizon ocre clair avec des nuances plus grises ou plus ocre et d'assez nombreuses concrétions rouille plus ocre sur les bords, souvent cassables ; texture argileuse ; structure polyédrique moyenne à petite moyennement développée ; bonne porosité tubulaire par gros pores avec de fins agrégats grenus dans les pores.
- 34 - 90 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire à gravillons calibrés dont certains sont évolués en concrétions ; couleur constituée de taches beige blanchâtre et de taches rouille ; la ségrégation ferrugineuse se fait autour des gravillons, mais ceux-ci se libèrent encore assez facilement de la terre fine argileuse.
- 90 cm et plus : Cuirasse néoformation à aspect feuilleté formée par la soudure de grosses concrétions irrégulières, anguleuses, formées elles-mêmes à partir de gravillons ferrugineux, couleur rouille et ocre avec de nombreuses inclusions de terre fine ocre lavé.

d) Série à hydromorphie subactuelle à carapace

Profil V 2

- Situation : Sur la piste de la Volta Blanche vers Korsimoro, à 1.6 Km de la Volta - Surface plane légèrement inclinée vers la Volta à environ 550 mètres du sommet de cette pente - Surface du sol dammée, érosion en nappe car les touffes sont exhausées.
- Végétation : Savane arbustive assez fournie à Combretum glutinosum, Acacia sp., Butyrospermum parkii, Spondia nombin, quelques Anogeissus leiccarpus et quelques Bombax costatum - Strate herbacée par touffes avec de larges plages nues, à base d'Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 7 cm : Horizon gris assez foncé, humifère, gravillonnaire, très tassé - Texture sableuse à sablo-argileuse - Structure très peu développée, débit grossièrement polyédrique - Cohésion forte - Les gravillons semblent "cimentés" dans la masse terreuse si bien que la porosité est faible : porosité tubulaire irrégulière assez faible - Fines racines assez nombreuses.
- 6 - 45 cm : Horizon de transition beige ocre légèrement plus grisâtre et plus humifère dans le haut, très gravillonnaire - Texture de la terre fine argileuse - Horizon peu cohérent, les gravillons se libèrent très facilement de la terre fine - Cohésion d'ensemble faible - Bonne porosité - Présence de gravillons ferrugineux, de quelques gros cailloux ferruginisés légèrement, à l'intérieur jaune, de quelques morceaux de schistes ferruginisés et patinés ; les gravillons ont gardé dans cet horizon leur patine, ils ne participent pas au nouveau cycle de ferrugination.
- 45 - 135cm : Horizon de couleur rouille, très gravillonnaire, avec des gravillons repris par un cycle subactuel de ferrugination, et de mieux en mieux soudés en profondeur où il aboutit à une carapace de plus en plus indurée ; les gravillons parsemés de cailloux de quartz n'ont pas été redigérés, mais la terre fine les englobant s'est ferruginisée et a fait ciment - On note la présence de nombreuses taches noires manganifères ; certains cailloux de quartz sont blancs.

3.- Famille sur graviers et cailloux à recouvrements sableux

Il s'agit ici, en réalité, de matériaux assez hétérogènes que nous n'avons pas voulu, pour des raisons de cartographie, pulvériser en plusieurs familles. Les caractères constants des matériaux permettant de les maintenir dans une même famille sont :

- Les recouvrements sableux relativement importants,
- La présence de granite peu ou pas altéré en profondeur.

Ils sont typiquement sableux en surface, gravillonnaire en profondeur, et reposant sur le granite peu ou pas altéré.

Cependant, les gravillons peuvent être mêlés à des graviers et cailloux de feldspaths et de quartz ou même être totalement remplacés par ces derniers.

Le terme gravillons désigne toujours ici les gravillons ferrugineux.

Nous distinguerons les séries d'après les variations du matériau originel.

Au point de vue évolutif, le concrétionnement semble souvent lié moins à une intensité d'hydromorphie qu'à la nature du matériau originel (gravelleux ou caillouteux avec probablement des morceaux de granite et surtout gravillonnaire) qui exhorte la ségrégation manganifère et ferrugineuse.

a) Séries sableuses puis gravelleuses à caillouteuses

La manifestation des phénomènes d'hydromorphie peut être assez peu marquée dans ces sols. Nous donnerons les profils les plus caractéristiques.

Profil VY 53

Situation : A 9.1 Km de Heriba, sur la piste Heriba-Yakala.
Sommet de pente / ^{zone plane} à nombreux affleurements de granite, dominée à gauche par des blocs de granite.

Végétation : Savane parc anthropique à Butyrospermum parkii.

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon gris à assez nombreuses taches rouille pâle faiblement humifère ; sableux à sablo-argileux ; structure très peu développée : au piochon, gros débits polyédriques à cohésion forte ; horizon durci ; porosité uniquement tubulaire moyenne.
- 15 - 45 cm : Horizon beige à taches ocre pâle mal délimitées, sableux, légèrement plus argileux que précédemment ; peu humifère ; structure non développée ; débits au piochon par éclats à cohésion forte ; cohésion d'ensemble forte.
- 45 - 69 cm : Horizon blanchâtre à taches ocre pâle et rouille, à concrétions rouille ferrugineuses dont certaines ferromanganifères sont noires au centre, nombreuses par endroits ; horizon très caillouteux par endroits avec quelques cailloux de granite ferruginisés ; terre fine sableuse à sablo-argileuse.
- 69 - 105cm : Granite en voie d'altération riche en feldspaths, à taches rouille et noires.

Ce profil tend nettement vers les sols à hydromorphie d'ensemble, mais il s'agit en surface d'hydromorphie en fait beaucoup moins marquée qu'en profondeur où le concrétionnement est lié à une intensification de l'hydromorphie et aussi à la nature du matériau originel : présence probablement de morceaux de granite qui ont servi de point de départ au concrétionnement. Lorsque l'hydromorphie est moins prononcée, le concrétionnement est moins intense mais subsiste.

Profil VO 38 (décrit par D. AW)

Situation : Au Km 35, sur la piste de Lenga à Bagré.
Pente très faible inférieure à 1 %.

Végétation : Savane à Butyrospermum parkii, Bauhinia sp., Terminalia sp., Combretum glutinosum ; strate herbacée à Andropogonées indéterminées et Loudetia. Jachère ancienne.

Description :

- 0 - 17 cm : Horizon gris brun clair D 81, faiblement humifère ; sableux peu argileux à sables grossiers ; structure peu développée à tendance prismatique large ; quelques rares et fines fentes de dessiccation verticales ; bonne porosité due aux sables grossiers et aux pores tubulaires ; cohésion moyenne à forte.
- 17 - 48 cm : Horizon gris clair C 81, identique au précédent par la texture, la structure et la cohésion ; porosité faible.
- 48 - 82 cm : Horizon gris clair B 81 à taches ocre et rouille ; sableux à sables grossiers et très nombreux graviers de quartz ; structure identique ; cohésion forte à très forte.
- 82 - 94 cm : Lit grossier de cailloux de quartz et de grosses concrétions ferromanganifères ; quelques gravillons libres ; horizon sans cohésion dans le haut, plus durci à sa base.
- 94 - 105cm : Altération argilosableuse de granite à taches ocre et rouille.

L'hydromorphie est à peine sensible en surface, et corrélativement, le C/N est bon et le taux de matière organique peu élevé. Par contre le pH est anormalement faible. L'augmentation d'hydromorphie en profondeur correspond ici à un abaissement corrélatif du rapport fer libre sur fer total. Le pH reste acide en profondeur.

b) Série sableuse puis gravillonnaire sur granite

C'est la série typique de cette famille.

Nous irons du type le moins concrétionné au type le plus concrétionné.

Profil VY 47

- Situation : Sur la piste de Zabéré à Zioun - Hériba - Yakala, à 20.1 Km de Zabéré (départ au croisement avec la route de Ouagadougou).
Paysage mollement ondulé constitué de larges buttes aplâties longuement et faiblement inclinés en tous sens vers des talwegs.
Nous sommes ici sur le sommet de butte.
- Végétation : Savane parc anthropique à Butyrospermum parkii -
Champ de mil sur buttes.
- Description :
- 0 - 20 cm : Horizon gris beige - faiblement humifère - texture sableuse faiblement argileuse à sables grossiers - Structure peu développée à tendance particulière, cohésion d'ensemble faible à moyenne - Porosité tubulaire moyenne.
- 20 - 35 cm : Horizon beige à beige ocre - non humifère - Texture sableuse peu argileuse - Structure non développée - Cohésion plus forte que l'horizon précédent - porosité tubulaire moyenne.
- 35 - 75 cm : Horizon essentiellement gravelleux, gravillonnaire et caillouteux à terre fine gris blanchâtre avec des éléments de roches ferruginisées en surface - Quelques concrétions ferro-manganifères vers le bas - Horizon sans cohésion.
- 75 - 140cm : Gneiss à dominance de biotite peu altérée ; structure à tendance prismatique sur la partie supérieure plus altérée.

Nous avons là un faciès tendant vers les sols peu évolués mal drainés, où le mauvais drainage ne se manifeste qu'à la base du profil par la formation de quelques concrétions ferromanganifères qui sont en réalité des gravillons ressoudés par des taches noires manganifères et où le rapport fer libre sur fer total présente des valeurs assez fortes en surface (autour de 60 %).

Les horizons de surface, essentiellement sableux,

restent facilement assez bien tamponnés au point de vue pH et le complexe absorbant reste proche de la saturation.

Les perméabilités sont très probablement sous-estimées pour des matériaux sableux à dominance de sables grossiers.

Profil VY 45

- Situation : Sur la piste de Zabéré à Zioun - Heriba - Yakala, à 15.8 Km de Zabré (départ au croisement avec la route de Ouagadougou).
Paysage et position topographique identiques à ceux du profil VY 47.
- Végétation : Savane parc anthropique à très nombreux Butyrospermum parkii avec Sterculia setigera et Parkia biglobosa.
Champ de mil sur buttes.
- Description :
- 0 - 17 cm : Horizon gris, humifère ; sableux très peu argileux à sables grossiers et assez nombreux gravillons ferrugineux ; structure non développée : débits au piochon par éclats à cohésion moyenne à faible se réduisant en agrégats particuliers ; assez bonne porosité due au travail de la faune du sol.
- 17 - 30 cm : Horizon beige ocre, peu ou pas humifère, sableux légèrement plus argileux que précédemment à sables grossiers et à quelques gravillons ferrugineux et cailloux de quartz ; assez bonne porosité d'ensemble porosité tubulaire fine ; structure identique à celle du précédent ; cohésion moyenne.
- 30 - 40 cm : Lit de gros cailloux de quartz émoussés parfois ferruginisés en surface et à l'intérieur (ferrugination ancienne).
- 40 - 75 cm : Horizon essentiellement gravillonnaire avec une intense ségrégation ferrugineuse tendant à cimenter les gravillons en une sorte de carapace très friable au piochon et d'où les éléments gravillonnaires se libèrent bien ; terre fine gris blanchâtre.

75 - 125 cm : Gneiss à dominance de mica (surtout mica blanc) et de quartz en voie d'altération, peu imprégné de fer.

Dans ce profil, l'hydromorphie se traduit dans l'horizon gravillonnaire par une ségrégation ferrugineuse intense sous forme de taches qui tendent à cimenter l'horizon en une sorte de carapace qui reste friable au piochon. Dans le profil suivant, il se traduit par néoconcrétionnement avec des zones de durcissement préférentielles et un passage à la carapace : l'hydromorphie est beaucoup plus intense.

Profil VY 49

- Situation : Toujours sur la piste Zabré - Zicun - Heriba - Yakala à 24.4 Km de Zabré.
Large butte aplatie s'inclinant longuement vers deux talweg au Nord et au Sud.
- Description :
- 0 - 25 cm : Horizon gris humifère ; sableux très faiblement argileux à sables grossiers ; structure non développée ; cohésion d'ensemble moyenne.
- 25 - 90 cm : Horizon gravillonnaire à nombreux cailloux de quartz ; nombreuses et grosses concrétions ferrugineuses, peu de concrétions manganifères - Horizon à cohésion variable tendant vers la carapace à certains endroits, à cohésion moyenne à faible en d'autres endroits : les éléments grossiers se libèrent facilement au piochon, et sans cohésion, par poches.
- 90 - 140 cm : Horizon d'altération d'un gneiss à grains très grossiers à dominance quartzeuse, les grains de quartz sont supérieurs à 2 mm et pris dans un ciment argileux ; horizon à taches blanchâtres, ocre clair, ocre ; cohésion forte.
- 140 - 155 cm : On passe progressivement au gneiss peu altéré, à grains grossiers et aplatis, à dominance quartzeuse.

Les variations de cohésion à l'intérieur de l'horizon concrétionné correspondent à des variations d'hydromorphie à l'inté-

rieur de l'horizon avec des zones de départ préférentiel et des zones d'accumulation préférentielle. Un fait est certain, c'est que les mouvements de solutions ferrugineuses n'intéressent que l'horizon gravillonnaire, il n'y a pas imprégnation de l'horizon sous-jacent, même dans sa partie supérieure, ce phénomène est très fréquent dans ce type de sol; il doit traduire un engorgement pas très prononcé et sans mouvement vertical.

Dans le profil VY 55, qui repose à 105 cm sur le granite peu altéré, on retrouve ces variations de cohésion, mais les éléments grossiers se libèrent encore facilement sous le choc du pionchon.

c) Série sableuse plus argileuse en profondeur

L'hydromorphie est très prononcée en profondeur. Ces sols se rapprochent de ceux sur arène granitique gravelleuse (séries à recouvrements polyphasés à tendance ferrugineux tropical).

Profil VY 60

- Situation : Au Km 3.5 sur la route de Intaya à Boutaya.
Très large butte aplatie mollement et longuement inclinée vers des talwegs à fond plat.
Profil à mi-pente d'environ 1 %.
Champ de mil sur butte.
- Description :
- 0 - 23 cm : Horizon gris, faiblement humifère ; sableux faiblement argileux à sables grossiers ; structure non développée ; cohésion assez forte.
 - 23 - 59 cm : Horizon beige ocre, texture identique très peu humifère ; structure non développée ; cohésion forte.
 - 59 - 90 cm : Horizon ocre très clair à taches ocre plus foncé ; texture sableuse à sabloargileuse à argile plus adhésive et à sables plus grossiers que précédemment ; cohésion plus forte ; structure non développée.

90 - 140 cm : Horizon grossier constitué de graviers et cailloux de quartz, de gravillons ferrugineux resoudés en très grosses concrétions irrégulières, cassures noires et rouille; horizon très intensément concrétionné - Terre fine beige vers le haut, gris blanchâtre vers le bas.

4.- Famille sur arène granitique argilosableuse à recouvrements

4.1- Genèse et discussion de la classification

Cette famille est la plus importante tant du point de vue de son extension que des problèmes pédologiques qu'elle pose.

Les phénomènes de ferruginisation en profondeur sont essentiellement d'origine ancienne, ils se sont produits sous l'influence du cuirassement ancien dans un matériau d'altération de granite argilosableuse et ont abouti selon l'intensité de la ferruginisation à la formation de :

- carapace ferrugineuse et ferromanganifère,
- concrétionnement très intense ferromanganifère,
- imprégnation ferrugineuse intense par grandes taches rouges à rouille parfois noires au centre, anastomosées et évoluant très souvent sous l'action d'une hydromorphie actuelle semble-t-il, en concrétions.

Pour des raisons d'imbrication constante de ces formes de ferrugination, et aussi pour leur origine ancienne identique, nous n'avons pas estimé nécessaire de différencier un sous-groupe à carapace et un sous-groupe à concrétions, et nous ne le pouvions pas sous peine de surcharger la légende de carte. L'hydromorphie actuelle par engorgement existe très souvent dans ces sols mais il est difficile de faire sa part.

La surface d'érosion qui a été entaillée dans la cuirasse ancienne est constituée de ces altérations de granite et de restes de cuirasses anciennes. Elle a été colmatée plus récemment, essentiellement par des apports polyphasés comprenant une première phase argilosableuse (arène granitique remaniée), parfois sablo-argileuse et une deuxième phase sableuse le plus souvent, et parfois sablo-argileuse à sablo-limoneuse dérivé aussi de granite.

Nos sols sont donc développés sur des matériaux à pédogenèse ancienne recouverts par des matériaux d'apports plus récents peu évolués, le plus souvent mal drainés et à tendance ferrugineux tropical, l'ensemble du profil réalisant un pseudoprofil ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions ou à carapace.

Nous avions initialement classé ces sols dans le sous-groupe des sols peu évolués, mal drainés, faciès intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux, et cela en tenant compte à l'échelon le plus élevé de la classification des matériaux superficiels récents, les matériaux de profondeur à pédogenèse surtout ancienne n'intervenant qu'au niveau de la série. Nous avons abandonné cette classification qui se justifiait pourtant bien, pour éviter la multiplication des faciès dans les sols peu évolués, et aussi parce qu'il est difficile de garder certains profils dans les sols peu évolués.

Nous avons conservé ici les sols sur arène granitique argilosableuse à pédogenèse essentiellement actuelle qui sont des sols de bas de pente.

Nous ne prétendons pas avoir résolu entièrement le problème de la classification de ces sols. Leur position dans les sols à pseudogley de profondeur, au lieu des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ou à carapace, étant assez incertaine pour de nombreux profils, nous estimons nécessaire d'essayer d'amener le lecteur, par les mêmes étapes successives que nous avons suivies sur le terrain, à concevoir cette classification.

En classant ces sols en ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions ou carapace, la pédogenèse de l'ensemble de la surface d'érosion et de ses recouvrements nous apparaissait confuse et inexplicable.

En effet, ces pseudoprofils de sols ferrugineux tropical lessivés à taches ou à taches et concrétions, alternent et représentent sur la même surface d'érosion, dans la même position topographique que des sols peu évolués squelettiques ou parfois aussi profonds sur cuirasses ou altérations ferruginisées de granite comme le montrera

l'exemple suivant de succession des profils sur la piste de Yambassé à Kampala : nous sommes sur une surface monotonement plane coupée de quelques légers fonds et de quelques talwegs à fond plat, où les longues pentes, faibles, ne dépassent guère 1 %. C'est par excellence la définition de la plaine. Nous partons du profil VRY 3 au profil VRY 8.

Profil VRY 3

- Situation : Village de Yambassé, 800 mètres avant le grand talweg de Yambassé, situé lui-même à 13.6 Km de la route de Ouagadougou à Zabré et à 500 mètres, après un premier talweg. Nous sommes vers le bas d'une pente d'environ 1 %, à 300 mètres du premier talweg. Présence de nombreux cailloux de quartz en surface.
- Végétation : Savane parc anthropique à Butyrospermum parkii, champ du village.
- Description :
- 0 - 13 cm : Horizon gris humifère, sableux à sables fins ; très humide à structure non développée et à cohésion faible. (Pluie récente)
- 13 - 25 cm : Horizon très humide, brun, humifère, très riche en cailloux et graviers de quartz, terre fine sableuse.
- 25 - 160 cm : Horizon rouge, truffé de plages et de cristaux isolés blanchâtres à blanc-jaunâtre ; par endroits, essentiellement feldspathique ; par endroits constitué d'un produit argilsableux, rouge à quelques taches noires manganifères et quelques petites concrétions ferromanganifères rouges à centre noir : la structure est alors polyédrique moyennement développée avec quelques revêtements argileux sur les agrégats. Cette hétérogénéité est due à des variations de faciès de la roche-mère : un granite pegmatitique.

Nous avons là, incontestablement, un sol peu évolué où les variations de faciès à travers le profil ne sont même pas encore amorties par l'évolution pédologique, lorsque l'altération donne un produit argileux il y a un mauvais drainage qui se traduit par une ségrégation des hydroxydes de manganèse et de fer. Il s'agit d'une altération

de granite qui a été ferruginisée soit par libération in situ de fer, soit plutôt par imprégnation à partir de la cuirasse ancienne disparue.

Le profil suivant, le VRY 4, nous fait passer à un profil paraissant être de type ferrugineux tropical lessivé :

Profil VRY 4

- Situation : 1.7 Km après le grand talweg de Yambassé, soit à 15.3 Km du croisement de la piste de Yambassé avec la route de Ouagadougou à Zabré.
Zone plane.
- Végétation : Savane anthropique à Butyrospermum parkii avec de très nombreux Terminalia glaucescens.
- Description :
- 0 - 21 cm : Horizon gris, humifère, sableux, légèrement argileux, structure peu développée à tendance prismatique commençant à s'affirmer par quelques fines fentes de dessiccation verticales ; cohésion forte ; porosité tubulaire fine moyenne à assez bonne.
- 21 - 36 cm : Horizon beige gris à taches ocre pâle mal délimitées ; identique au précédent par la texture, la structure et la cohésion.
- 36 - 56 cm : Horizon beige à taches ocre clair mal délimitées mais plus scuténées que précédemment ; texture sableuse un peu argileuse, identique aux précédents par la structure, la cohésion et la porosité.
- 56 - 102 cm : Horizon beige clair à taches rouille très nombreuses anastomosées et à quelques concrétions rouille cassables en voie de formation, à taches et quelques concrétions noires manganifères ; texture argilosa-bleuse ; durci dans le bas avec des agrégats à cohésion très forte ; structure nettement prismatique ; porosité tubulaire grossière bien développée ; horizon très ferruginisé tendant presque à la carapace.

102 - 120 cm : Cuirasse ferromanganifère . rouge à taches noires et à induration forte.

L'avant-dernier horizon de ce scl donne l'impression d'un horizon d'accumulation (il est vrai un peu brutal) de fer, de manganèse et d'argile à la faveur de l'arrêt des eaux de drainage sur la cuirasse ancienne, l'hydromorphie très nette s'y manifeste par une intense ségrégation du fer et du manganèse par la structure prismatique. L'ensemble du profil est mal drainé.

Dans le profil suivant, nous retrouvons en profondeur la même cuirasse ancienne ferromanganifère incluant ici de nombreux cailloux de quartz marquant la surface d'érosion sur laquelle ont eu lieu les apports ; nous retrouvons sous un faible horizon superficiel sableux, un pseudohorizon d'accumulation d'argile mal drainé reposant sur la cuirasse sans ségrégation ferrugineuse nette :

Profil VRY 5

- Situation : A 3.8 Km du grand talweg de Yambassé.
Zone plane à très faible pente avec des affleurements de cuirasse.
- Végétation : Savane à Butyrospermum parkii avec Terminalia glaucescens, Pteleoptis suberosa.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon gris, humifère, sableux un peu argileux ; structure prismatique large assez moyennement développée, s'affirmant par de fines fentes de dessiccation verticales ; cohésion forte ; porosité uniquement tubulaire moyenne.
- 15 - 39 cm : Horizon ocre clair à taches légèrement plus scuténées et à pénétration humifère plus grisâtre selon les remplissages de pores tubulaires plus nets dans le haut ; texture sabloargileuse à argilosableuse ; structure prismatique moins développée que précédemment : les fines fentes de dessiccation s'arrêtent dans le haut de cet horizon ; cohésion forte ; porosité tubulaire fine moyenne ; aspect mal drainé.

39 - 65 cm : Cuirasse ferromanganifère rouge à taches noires incluant de nombreux cailloux de quartz ; aspect assez massif ; induration assez forte à forte.

Il est difficile de concevoir sur des pentes très faibles en zone plane un horizon d'accumulation d'argile au-dessus de la cuirasse ancienne sans accumulation ferrugineuse plus intense devant se traduire dans un horizon assez mal drainé par une intense ségrégation ferrugineuse, au moins dans la zone directement en contact avec la cuirasse ancienne qui doit se comporter comme un "catalyseur" de l'accumulation et de la ségrégation ferrugineuse. Il semble donc que l'enrichissement en argile ne soit pas dû au lessivage.

Le profil suivant, le VRY 6, montre du reste sur la même cuirasse ferromanganifère uniquement des apports sableux :

Profil VRY 6

- Situation : A 6.1 Km du grand talweg de Yambassé.
Zone plane à faible pente avec un large affleurement de granite.
- Description :
- 0 - 17 cm : Gris humifère sableux, légèrement argileux ; structure non développée ; quelques rares et fines fentes de dessiccation verticales ; cohésion moyennée ; assez bonne porosité tubulaire.
- 17 - 34 cm : Horizon ocre légèrement brunâtre par rapport au suivant, et paraissant en conséquence faiblement humifère ; sableux, un peu argileux ; horizon plus durci à structure peu développée avec une tendance prismatique, à cohésion forte.
- 34 - 77 cm : Horizon ocre un peu clair, paraissant non humifère ; Texture sableuse plus argileuse que précédemment ; structure peu développée à tendance prismatique ; cohésion forte ; assez bonne porosité tubulaire fine.
- à 77 cm : Cuirasse ferromanganifère rouge à taches noires, se réduisant en surface en grosses concrétions ferromanganifères irrégulières, puis à induration assez forte ;

inclut de nombreux cailloux de quartz marquant la surface d'érosion sur laquelle se sont déposés les apports sableux.

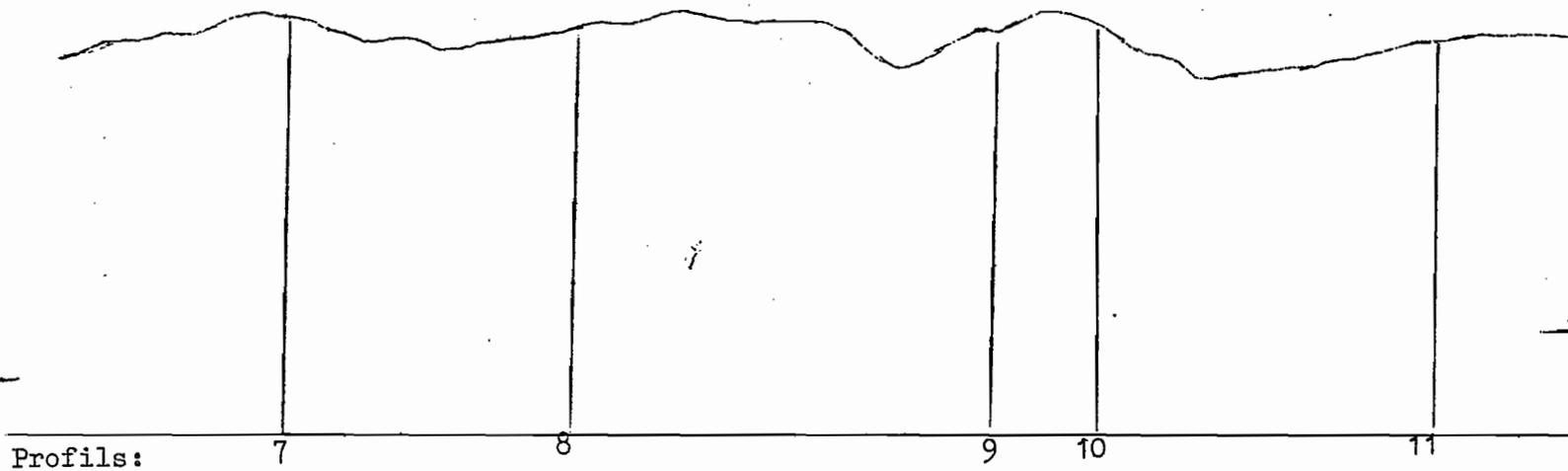
Ici, malgré la profondeur des apports qui dépasse du profil précédent, le pseudohorizon d'accumulation d'argile a disparu, on ne constate plus qu'un faible enrichissement en argile en profondeur avec la même tendance au mauvais drainage que dans le profil précédent (structure à tendance prismatique).

Dans le profil suivant, le VRY 8, nous retrouvons la cuirasse ancienne en profondeur, mais la nature des apports est telle qu'on ne peut plus penser à un sol ferrugineux tropical :

Profil VRY 8

- Situation : A 6.7 Km du grand talweg de Yambassé, soit à 23.3 Km du croisement de la piste de Yambassé avec la route de Ouagadougou à Zabré. Nous sommes dans la même zone plane que précédemment avec ici, une ligne d'affleurements de granite à gauche.
- Végétation : Savane arborée à Butyrospermum parkii, Parkia biglobosa, Pterocarpus erinaceus, Anogeissus leiocarpus.
- Description :
- 0 - 13 cm : Horizon gris foncé devenant brun gris dans le bas ; humifère ; sableux, un peu argileux ; structure non développée : large débit prismatique à cohésion forte.
- 13 - 28 cm : Horizon brun assez vif, faiblement humifère ; sableux légèrement argileux à sables grossiers contenant de nombreux cailloux de quartz.
- 28 - 90 cm : Horizon très grossier, essentiellement constitué de très gros cailloux de quartz et de gravillons ferrugineux avec quelques rares taches noires manganifères vers le haut sur quelques cailloux et un néo-concrétionnement manganifère dans le bas, à partir des gravillons ferrugineux (soudure des gravillons

Vers
SARO ←



→ Vers
PO

par du manganèse). Dans les poches gravillonnaires du haut, il existe aussi quelques concrétions manganifères. Horizon essentiellement régosolique.

à 90 cm : Carapace à cuirasse ferromanganifère - rouge à taches noires.

Il s'agit ici d'un sol peu évolué mal drainé, sur apports polyphasés, le mauvais drainage se manifestant principalement au-dessus de la cuirasse ancienne par un néoconcrétionnement manganifère soudant les gravillons.

Cette succession de profils sur une topographie plane nous fait passer de sols peu évolués à des sols à profil de type ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions reposant sur la même surface d'érosion pour la plupart.

Le deuxième exemple de succession de profils que nous prendrons se situe sur la route de Pô à Saro.

Nous sommes encore sur une plaine mollement ondulée où les pentes longues et faibles sont de l'ordre de 1 %, n'atteignant 2 % qu'exceptionnellement. Le schéma ci-après figure une représentation approximative de cette plaine d'après G. Alboucq. Nous partirons du profil VRP 11 au profil VRP 7 :

Profil VRP 11

Situation : A 2.9 Km de Pô (croisement des routes de Saro et de Ouagadougou).
Zone quasi-plane située sur une très longue pente faible.

Végétation : Savane secondaire très arborescente à Butyrospermum parkii avec dans la strate arbustive bien venue : Gardenia aqualla, Pteleopsis suberosa, Terminalia glaucescens.

Description :

0 - 12 cm : Horizon gris beige peu humifère ; sableux, un peu argileux ; structure non développée : débit grossier à tendance prismatique à cohésion forte ; fine porosité tubulaire bonne.

- 12 - 30 cm : Horizon beige à taches beige ocre grandes, mal délimitées ; peu ou pas humifère ; sabloargileux à sables grossiers et à petits gravillons ferrugineux ; horizon très durci à structure non développée à cohésion très forte, à fine porosité tubulaire assez bonne.
- 30 - 62 cm : Horizon ocre clair, argileux à argilosableux à concrétions, ferrugineuses rouille assez grosses, bien individualisées ; cassables, assez nombreuses ; structure non développée et cohésion d'ensemble forte : les plaques détachées au picchon se laissent cependant réduire en polyèdres grossiers ; contient de petits gravillons ferrugineux, des sables grossiers et de petits graviers de quartz.
- 62 - 115 cm : Horizon tranchant nettement sur le précédent par sa ferrugination et sa dureté ; constitué de taches rouille principalement et de taches ocre très clair ; contient de nombreux gravillons ferrugineux et des concrétions ferrugineuses rouille durcies, bien individualisées ; horizon paraissant cimenté à cohésion très forte : véritable carapace ferrugineuse à quelques rares taches noires manganifères.
- 115 - 145 cm : Horizon à fond ocre lavé à taches rouille s'anastomosant, les gravillons ne subsistent plus et en petit nombre, que dans le haut de l'horizon. Par endroits, les taches rouille sont petites et le fond ocre lavé l'emporte. Cet horizon paraît être une altération de granite en place.

Nous avons là un profil qui pourrait être typiquement un sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions tronquées partiellement de ses horizons lessivés. Mais le concept du décapage intense est assez difficile à admettre ici où, même en haut de pente, on constate toujours plutôt des apports. Par ailleurs, on constate une discontinuité entre le 3ème et le 4ème, et entre le 4ème et le 5ème horizon en ce qui concerne la proportion des gravillons ferrugineux, il s'agit donc très probablement d'apports polyphasés qui ont pu cependant évoluer ensuite en place. Dans le profil suivant, le VRP 10, nous retrouvons les apports sableux posés sur l'altération de granite ; la carapace ferrugineuse formée par recimentation lors du démantèlement de la cuirasse ancienne (4ème horizon du profil VRP 11) n'existe

plus ici. Nous sommes en position un peu plus haute et sur une pente plus forte que précédemment, la cuirasse affleurante se retrouve en bas de pente : restes de cuirasse ancienne ou cuirasse de lessivage oblique difficilement dissociable dans notre contexte de cuirassement ancien.

Profil VRP 10

- Situation : A 5.3 Km de Pô, sur le haut d'une pente d'environ 2 %, malgré cela, nous avons un sol à aspect nettement hydromorphe en surface.
- Végétation : C'est une savane arbustive à nette affinité hydromorphe à base de Gardenia aquella, et Pteleopsis suberosa avec Daniellia oliveri, Terminalia glaucocens, Bauhinia sp., Spondia mombin. La strate herbacée est à base d'Hyparrhenia sp. (diplandra) et Indigofera sp..
- Description :
- 0 - 13 cm : Horizon gris clair bleuté, faiblement humifère ; sableux peu argileux ; structure non développée ; cohésion moyenne en haut devenant plus forte en bas.
- 13 - 28 cm : Horizon beige gris, peu humifère ; sableux un peu argileux ; structure très peu développée à tendance polyédrique, horizon durci à cohésion forte.
- 28 - 55 cm : Horizon à fond beige ocre, non humifère ; sable argileux ; identique par la structure et la cohésion au précédent ; la base de cet horizon est marquée par une stone line discontinue mais réelle de cailloux de quartz.
- 55 - 112 cm : Horizon beige clair à taches ocre lavé, à nombreuses taches rouges, noires au centre, à très grosses concrétions ferrugineuses essentiellement et un peu manganifères (noires au centre) ; horizon durci tendant un peu vers la carapace ; produit d'altération d'un granite où l'on distingue quelques veines de quartz donnant des cailloux à angles vifs ; texture inappréciable parce que durcie.

Le profil a encore typiquement l'aspect d'un sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions. Dans le profil suivant, le VRP 9, les apports sableux s'individualisent indiscutablement, ils reposent brutalement sur une carapace ferrugineuse qui apparaît être une altération ferruginisée de granite.

Profil VRP 9

Situation : A 6.1 Km de Pô dans une zone esquissant un léger plateau légèrement plus haut que le profil précédent.

Végétation : Jachère arbustive essentiellement constituée de Guiera senegalensis.

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon gris clair, peu humifère ; texture sableuse ; structure non développée ; débit grossier à cohésion forte ; fine porosité tubulaire moyenne.
- 15 - 30 cm : Horizon gris beige, encore humifère à matière organique de migration ; sableux peu argileux ; structure non développée ; cohésion forte ; porosité tubulaire identique.
- 30 - 45 cm : Horizon beige, peu ou pas humifère ; sableux peu argileux ; structure non développée ; cohésion forte ; porosité tubulaire moyenne.
- 45 - 110 cm : Carapace essentiellement ferrugineuse, un peu mangani-fère (quelques taches noires), couleur rouille à inclusions ocre lavé ; paraît être une altération de granite ferruginisée et durcie.

Nous avons là incontestablement un sol peu évolué, sur carapace ferrugineuse. Le profil suivant, le VRP 8, se situe comme le VRP 9 sur une faible pente esquissant un léger plateau. Nous retrouvons les apports sableux en surface, la même carapace ferrugineuse en profondeur, et entre les deux, un horizon argilosableux donnant au profil un aspect ferrugineux tropical lessivé :

Profil VRP 8

- Situation : A 9.1 Km de Pô, dans le haut d'une longue pente faible.
- Végétation : Savane assez arborée à Butyrospermum parkii avec Parkia biglobosa, Kaya senegalensis, Daniellia oliveri et Isoberlinia sp.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon gris humifère, sableux un peu argileux ; structure non développée, cohésion assez forte, bonne porosité tubulaire.
- 15 - 31 cm : Beige grisâtre encore humifère, sableux moyennement argileux ; structure non développée ; horizon durci à cohésion forte.
- 31 - 63 cm : Horizon ocre clair, à quelques taches et concrétions rouille ; argilosableux ; structure peu développée à tendance polyédrique grossière.
- 63 - 80 cm : Carapace ferrugineuse identique à celle du profil VRP 9.

Dans le profil suivant, le VRP 7, nous passons à un sol peu évolué, mal drainé à hydromorphie jeune :

Profil VRP 7

- Situation : A 11 Km de Pô, sur une longue pente d'environ 1 % ; zone paraissant quasi-plane au niveau du profil.
- Végétation : Savane arborée à Isoberlinia dalzielii, strate arbustive bien venue à Butyrospermum parkii avec Daniellia oliveri. Aspect du sol hydromorphe avec de fines fentes de dessiccation

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon gris beige, peu humifère ; sableux ; structure peu développée à tendance prismatique, cohésion forte ; bonne porosité tubulaire, aspect mal drainé, contient quelques cailloux de pegmatite ferruginisés rouille et blancs.
- 15 - 35 cm : Horizon beige essentiellement constitué de gros graviers et cailloux de pegmatites ferruginisés, de nombreux graviers à cassure brun rouille, ressemblant à des concrétions, terre fine, sableuse à sabloargileuse
- 35 - 120 cm : Pegmatite en voie de démantèlement à très gros cristaux de feldspaths et de quartz très peu altérés ; par endroits, on a un matériau ocre à taches ocre lavé, gravelleux, un peu argilo-sableux à petits graviers de quartz avec des morceaux de roches ferruginisés ressemblant à des concrétions.

Les apports sableux, toujours constants, sont réduits ici à 15 cm, ils reposent sur une altération de pegmatite en place qui a probablement été un peu ferruginisé dans le haut sous l'action de la cuirasse ancienne disparue, la seule évolution qu'on constate est un mauvais drainage.

Le troisième exemple de succession de profils sera pris sur la piste de Basbedo à la Volta Rouge. Nous partirons du profil VRN 45 à 3.4 Km de la Volta au profil VRN 42 à 13.6 Km de la Volta. La topographie est toujours la même.

Profil VRN 45

Situation : A 3.4 Km de la Volta, dans une large zone plane.

Végétation : Savane à Isoberlinia dalzielii avec Detarium microcarpum.

Description :

- 0 - 10 cm : Horizon gris à tendance légèrement bleuté ; humifère, sableux, légèrement argileux ; structure non développée ; cohésion assez forte ; bonne porosité tubulaire.

- 10 - 27 cm : Horizon beige gris, humifère ; sableux un peu argileux ; structure non développée ; cohésion forte, horizon durci ; porosité uniquement tubulaire fine moyenne à faible ; certains pores tubulaires sont remplis de terre gris foncé humifère.
- 27 - 56 cm : Horizon essentiellement constitué de gros cailloux de quartz et de feldspaths marquant le sommet de la surface d'érosion sur laquelle se sont déposés les apports sableux ; terre fine sableuse légèrement argileuse ; les cailloux de quartz et de feldspaths ont une cassure jaune.
- 56 - 125 cm : Horizon à nombreuses taches rouges et à concrétions rouges ou rouges à centre noir, bien individualisées, durcies ; à quelques taches noires ; les taches rouges s'anastomosent sur un fond ocre clair ; par endroits l'horizon plus durci tend à la carapace ; existence par endroits d'une très bonne porosité grossière donnant un aspect très caverneux et présence même, par endroits, de poches à cohésion très faible à aspect très caverneux essentiellement constituées de grosses concrétions ferromanganifères rouges, et noires au centre, par endroits ; par endroits, le faciès est pegmatitique avec de gros cailloux de quartz anguleux et des empilements de grandes lamelles de mica blanc.

Nous avons là, et typiquement, un sol peu évolué mal drainé en surface sur apports récents sableux reposant sur une altération de granite ferruginisée par imprégnation à partir de la cuirasse ancienne disparue ou (et) par libération in situ de fer, très nettement hydromorphe, l'hydromorphie soulignée ici en dehors du concrétionnement - qui peut se produire dans une altération de granite sans que l'hydromorphie soit bien marquée - par l'aspect caverneux, la présence, de poches concrétionnées sans cohésion.

Le lit grossier qui sépare les apports sableux de l'altération de granite permet de saisir la discontinuité d'évolution qui était jusque là plus ou moins masquée. En effet, il est difficile dans un lessivage en place de concevoir une accumulation ferrugineuse brutale et intense juste dans l'horizon sous-jacent à un horizon grossier que le fer aurait traversé sans s'y déposer.

Nous retrouvons ainsi le profil de nos sols à aspect ferrugineux tropical, mais avec la discontinuité et d'origine et d'évolution entre les apports sableux et les altérations de profondeur.

Le profil VRN 43 se situe dans une zone topographiquement identique. On retrouve un profil assez identique au précédent, mais les apports sableux sont eux-mêmes polyphasés, sableux en surface, puis argilosableux.

Profil VRN 43

Situation : A 11.1 Km de la Volta Rouge, dans une zone plane.

Végétation : Savane parc à Isoberlinia dalzielii avec Detarium microcarpum, Butyrospermum parkii et Acacia sp.

Description :

- 0 - 16 cm : Horizon gris foncé en surface devenant brun gris en profondeur ; sableux ; structure non développée ; cohésion moyenne en surface avec une très bonne porosité tubulaire, puis cohésion forte.
- 16 - 30 cm : Horizon à taches brun rougeâtre clair à taches beige clair mal délimitées, ensemble à couleur brunâtre à taches plus claires, humifère ; texture sabloargileuse contenant de gros cailloux de quartz et des éléments ferruginisés d'apport identique à ceux du dernier horizon.
- 30 - 42 cm : Horizon essentiellement constitué de cailloux de quartz, de feldspaths et de morceaux de granites, apport grossier peu évolué avec quelques taches noires manganifères dans le bas.
- 42 - 75 cm : Horizon rouge où s'individualisent de très nombreux éléments ferruginisés rouges assimilables à des concrétions et formés à partir de morceaux de roche, quelques uns sont ferromanganifères ; horizon à assez nombreuses taches noires, manganifères ; structure polyédrique fine moyennement développée ; cohésion d'ensemble assez forte ; texture difficilement appréciable à cause de l'imprégnation ferrugineuse.

L'ensemble contient des cristaux de feldspaths altérés, reconnaissables, devenant nombreux par plages; nombreux petits revêtements argileux rouges, brillants.

On ne peut pas concevoir que l'enrichissement en argile du deuxième horizon par rapport au premier soit dû à un lessivage. On imagine difficilement une accumulation d'argile par lessivage au-dessus d'un horizon grossier qui reste peu évolué. Il faut donc admettre, soit un appauvrissement du 1er horizon par lessivage oblique (notons cependant la position topographique plane), soit des apports superficiels polyphasés dont la première phase, plus ancienne, est dérivée des altérations de granites et dont la dernière phase serait due à des apports récents apportés par ruissellement.

Ce profil n'aurait pas présenté l'horizon caillouteux que nous aurions eu un sol de type ferrugineux tropical. Le profil VRP 10 s'apparente étrangement à ce profil, le lit grossier de cailloux est remplacé par une stone line discontinue de cailloux de quartz.

Le profil VRN 42 appartient au même type que les deux précédents, son originalité réside dans le fait que les altérations ferruginisées de granite sur lesquelles reposent les apports sableux semblent elles-mêmes remaniées :

Profil VRN 42

- Situation : A 13.6 Km de la Volta, dans une zone plane à épandage de cailloux de quartz par endroits et avec quelques légères buttes caillouteuses.
- Végétation : Savane parc à Isobertinia dalzielii, maigrement arbustive à Detarium microcarpum, Combretum sp., Butyrospermum parkii.
- Description :
- 0 - 22 cm : Horizon gris devenant gris beige dans le bas, et moins humifère ; sableux un peu argileux ; structure non développée ; cohésion moyenne ; très bonne porosité tubulaire grossière.

- 22 - 38 cm : Horizon beige à nuances grisâtres, peu ou pas humifère ; sableux un peu argileux ; structure peu développée à tendance prismatique ; cohésion forte ; porosité uniquement tubulaire moyenne.
- 38 - 47 cm : Lit grossier essentiellement constitué de grcs graviers et de petits cailloux de quartz avec des gravillons ferrugineux et quelques gros cailloux de quartz.
- 47 - 80 cm : Horizon ocre très clair à grandes taches rouges nombreuses, truffé de cristaux de feldspath peu altérés ; terre fine paraissant argilosableuse à sables fins mais peu collante aux doigts ; structure polyédrique grossière à petite, moyennement développée : débits faciles par plaques se résolvant très facilement en polyèdres ; quelques concrétions ferromanganifères rouges à centre noir, bien individualisées ; présence de quelques plages très feldspathiques
- 80 - 122 cm : Horizon ocre clair à taches rouges beaucoup moins nombreuses que précédemment ; identique au précédent par la texture et la structure. Cet horizon contient incontestablement quelques gravillons ferrugineux et de très nombreuses plages feldspathiques peu altérées : il s'agit donc très probablement d'une altération de granite un peu remaniée et qui aurait été un peu plus ferruginisée en surface sous l'influence du cuirassement ancien.

Il semble donc y avoir trois sortes d'apports qui peuvent se superposer, soit en continuité, soit séparés les uns des autres par des lits grossiers ou des stone-lines diverses :

- Les apports sableux récents,
- Les apports argilosableux dérivés d'altérations de granite,
- Les altérations ferruginisées de granite un peu remaniées.

a) Réalité des apports polyphasés : constatation du fait.

De la zone vertiquée à la zone kaolinitique, les apports polyphasés sont de rigueur sur l'ensemble des bassins versants prospectés. S'ils apparaissent parfois douteux dans la zone kaolinitique parce qu'ils réalisent des pseudoprofils parfaits de sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions, ils apparaissent nettement polyphasés dans la zone vertiquée, comme vont le montrer parmi les très nombreux profils de ce type, les profils caractéristiques suivants :

Profil VY 35

- Situation : Sur la piste de Yoreko à Sagré (piste de Zabré à Nabenda Sella) à 2.9 Km de Yoreko (Km 0, au croisement avec la piste de Barguinsé). Position de plaine dominant les talwegs.
- Végétation : Savane parc d'origine anthropique à Parkia biglobosa, avec quelques Acacia seyal et Faidherbia albida ; strate herbacée à base d'Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 13 cm : Horizon brunâtre plus gris et plus humifère en surface ; sableux à sables grossiers très faiblement argileux ; structure peu développée à tendance prismatique s'affirmant un peu mieux par endroits par des fentes de dessiccation verticales provenant de l'horizon sous-jacent. En surface, couche de 3 cm à cohésion moyenne à faible, en-dessous, cohésion assez forte à forte ; assez bonne porosité tubulaire ; présence de quelques taches rouille pâle et de quelques concrétions et gravillons ferrugineux.
- 13 - 27 cm : Horizon beige à très nombreuses taches rouille pâle diffuses l'emportant sur le fond beige ; sabloargileux à assez nombreux gravillons ferrugineux et graviers de quartz ; structure prismatique moyennement développée par de nombreuses fentes de dessiccation verticales ; bonne porosité tubulaire ; cohésion forte. Cet horizon devient assez gravillonnaire et blanchâtre à sa base, et repose brutalement sur le suivant par une ligne de dessiccation horizontale et continue bien marquée avec quelques gros cailloux de quartz émcussés.

- 27 - 54 cm : Horizon brun à taches rouille et noires, ne paraissant pas humifère ; argileux ; structure prismatique colonnaire bien développée dans le haut avec des faces de décollement obliques et patinées luisantes, avec sous-structure prismatique petite aplatie à faces de décollement subhorizontales patinées, tendant à la plaquette ; en-dessous de 41 cm environ, la structure est non développée ; nombreuses fentes de dessiccation verticales dans le haut avec migration de sables fins blanchâtres le long de ces fentes ; cohésion très forte. Par endroits, cet horizon est inexistant.
- 54 - 106 cm : Horizon essentiellement constitué de concrétions ocre, noires et rouille, cassables aux doigts, irrégulières formées par la soudure de petits gravillons ferrugineux ; contient quelques graviers et cailloux de quartz émoussés et quelques gravillons ferrugineux non repris par le nouveau cycle de ferrugination. Horizon tassé et durci, mais d'où le piochon libère les éléments de base ; terre fine gris blanchâtre.

Nous avons ici incontestablement trois phases d'apports : une première phase gravillonnaire, dérivée de la cuirasse ancienne ; une deuxième phase vertiquée, dérivée des altérations sous-jacentes à la cuirasse ancienne, ou tout au moins de l'altération des roches autrefois sous-jacentes à la cuirasse ancienne, et enfin, une troisième phase plus récente, sableuse, plus argileuse en profondeur, paraissant elle-même comporter deux sous-phases.

Dans le profil VY 14, les apports gravillonnaires ne sont plus individualisés : ils sont mêlés à une pâte argilosableuse qui paraîtrait incontestablement en place, si ce n'était la présence des gravillons.

Profil VY 14

- Situation : Sur la piste de Barguinsé à la Volta Blandière, à 2.4 Km de Barguinsé (Km 0 à l'ancien emplacement du campement). Paysage de plaine mollement ondulée et longuement inclinée sur les talwegs. Vers le bas d'une pente d'environ 1 %.

Végétation : Savane très arbustive à Bauhinia sp. et Acacia gour-
mensis, avec Combretum glutinosum, Sterculia setigera
d'où émergent quelques arbres : Acacia sp. (Gonpôko)
Parkia biglobosa et Adansonia digitata. Strate herba-
cée à base d'Hyparrhenia sp. (diplandra) et d'Andro-
pogon gayanus.
Surface du sol boursoufflée par des turricules de vers
de terre.

Description :

- 0 - 11 cm : Horizon brun grisâtre clair à petites taches rouille,
faiblement humifère ; sableux très faiblement argileux ;
structure non développée à tendance litée en surface
et ensuite à débit par éclats à cohésion moyenne se ré-
duisant en agrégats particuliers surtout ; porosité
uniquement tubulaire moyenne.
- 11 - 39 cm : Horizon beige clair dans le haut, gris blanchâtre dans
le bas à taches rouille nombreuses mais diffuses ;
sableux peu argileux à sables très grossiers dominants
devenant exclusifs dans le bas ; structure assez peu
développée prismatique grossière. La cohésion d'ensem-
ble des prismes est forte tandis que les éclats déta-
chés au piochon se réduisent en agrégats particuliers ;
porosité bonne à cause des sables grossiers qui ne pa-
raissent pas cimentés ; horizon posé sur le suivant par
l'intermédiaire d'une ligne de dessiccation horizonta-
le continue gris blanchâtre.
- 39 - 123 cm : Horizon brun jaune (E 63) à olive pâle (D 83), non hu-
mifère ; argilosableux à sables grossiers. Horizon
plus sableux par endroits, argilo-gravillonnaire par
larges zones jusqu'à 75 cm environ, avec quelques
cailloux de quartz anguleux dont certains sont bien
émoussés, les gravillons sont recouverts d'une
pellicule ocre de néoformation due au milieu hydromor-
phe ; quelques amas calcaires gris cendre friables vers
le bas ; structure prismatique colonnaire assez peu
développée dans le haut, puis structure peu développée
de type polyédrique marquée par l'amorce d'un réseau
de très fines fentes de dessiccation irrégulières ;
cohésion d'ensemble très forte ; on passe progressive-
ment à l'altération de la roche en place.

123 - 140 cm : Horizon d'altération d'un granite, pâte argilosa-bleuse truffée de feldspaths, à taches ocre diffuses et à fin réseade fentes de dessiccation en voie de développement.

Ce profil montre que les altérations argileuses de granite ont été remaniées dans une première phase d'apport et que ces produits de remaniements peuvent être en parfaite continuité de nature avec les matériaux en place, si la présence d'éléments allochtones ne s'impose pas comme ici. C'est ce qui s'est passé aussi dans la zone kaolinitique et qu'illustrent bien les profils VRP 11 (page 283) et VRN 42 (page 291) dans lesquels les matériaux à taches rouges et à concrétions ne sont autres que des altérations ferruginisées de granite remaniées qui ont servi dans la première phase de comblement contemporain probablement de la fin de la phase d'arasement. Il y a eu aussi plusieurs phases dans les apports récents qui ont suivi et qui reposent très souvent par l'intermédiaire de stone-line ou de lits de cailloux de quartz ou (et) de gravillons ferrugineux sur la surface d'érosion façonnée comme nous l'avons vu, soit dans les cuirasses ou carapaces anciennes, soit dans des altérations ferruginisées ou vertiquées de granites remaniées ou non, soit dans le granite franc. C'est ce que nous montrent les profils VRN 43 (page 290), VRP 8 (page 287) et VRY 5, (page 280).

b) Réalité des apports polyphasés : comportement des pseudohorizons d'accumulation d'argile :

Si certains pseudohorizons d'accumulation d'argile, par le jeu des phénomènes d'hydromorphie ou l'absence d'horizon grossier de discontinuité, réalisent avec leurs recouvrements de surface des profils typiques de sols ferrugineux tropicaux lessivés sans tache ou à taches et concrétions, d'autres sont ininterprétables dans le cadre du contexte sol ferrugineux tropical lessivé :

Profil VY 68

Situation : Piste de Yakala à Boussougou, à 6.9 Km de Yakala (Km 0, au croisement avec la piste de Hériba).
Zone plane faisant suite à une zone légèrement plus haute et à affleurements de cuirasse.

- Végétation : Savane arbustive à Bauhinia sp., Gardenia aqualla ; strate herbacée dense à base d'Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 18 cm : Horizon gris à rares trainées rouille en surface ; sableux faiblement argileux à sables grossiers ; structure peu développée devenant polyédrique grossière à moyenne dans les zones à forte densité radiculaire ; cohésion de ces agrégats moyenne à assez forte ; dans les endroits pauvres en racines, on obtient au picchon que des éclats à cohésion moyenne ; porosité tubulaire moyenne à bonne.
- 18 - 38 cm : Horizon beige grisâtre à taches rouille pâle et core pâle, s'éclaircissant vers la base, encore faiblement humifère ; sabloargileux ; structure peu développée à tendance prismatique, au picchon : éclats à cohésion forte ; porosité tubulaire fine moyenne.
- 38 - 69 cm : Horizon beige clair devenant blanchâtre à la base à nombreuses taches core et à gravillons ferrugineux ; texture argilosableuse ; structure prismatique grossière assez moyennement développée et délimitée par de fines fentes de dessiccation verticales ; cohésion forte ; assez nombreux pores tubulaires moyens.
- 69 - 80 cm : Lit essentiellement gravillonnaire avec des graviers de quartz, absolument sans cohésion, sans aucun liant quelques éléments seulement sont soudés en concrétions plus grosses.
- 80 - 110 cm : Horizon à fond gris blanchâtre à très nombreuses taches rouilles, à fines paillettes de mica et même quelques grandes paillettes de mica noir ; on y distingue quelques cristaux blancs de feldspaths et quelques concrétions noires manganifères ; texture argilosableuse.

Il est difficile dans une zone plane et dans un profil manifestement mal drainé d'admettre une accumulation d'argile au-dessus d'un lit gravillonnaire qui ne se traduise pas par une accumulation ferrugineuse dans ce lit gravillonnaire celui-ci se comportant comme un catalyseur de l'accumulation et de la ségrégation ferrugineuse. Or ici,

ce lit gravillonnaire est manifestement peu évolué et signe ainsi de son âge les apports qui le surmontent et qui ne sauraient être interprétés que dans le cadre d'apports polyphasés et non d'enrichissement en profondeur par lessivage d'argile.

On retrouve ce même phénomène dans les profils VRB 71, 72, 30 et VB 39.

Profil VRB 72

- Situation : Sur la piste de Zioun à Péhiri, 10.4 Km après la traversée de la Volta. Zone plane à très faible pente.
- Végétation : Savane parc à Butyrospermum parkii, très arbustif à Combretum glutinosum, Terminalia glaucescens avec Bauhinia sp..
- Description :
- 0 - 12 cm : Horizon gris, humifère, sableux, légèrement argileux à sables fins, structure non développée ; horizon durci à cohésion d'ensemble forte ; assez bonne porosité tubulaire.
- 12 - 30 cm : Horizon brun gris, humifère, sableux à sablo argileux à sables fins ; structure non développée ; horizon durci à cohésion d'ensemble forte ; assez bonne porosité tubulaire.
- 30 - 55 cm : Horizon à couleur d'ensemble brun grisâtre à taches ocre (l'ocre représente le fond originel sur lequel a eu lieu la pénétration humifère donnant la couleur brun grisâtre) ; sableux, à sablo argileux, un peu plus argileux que précédemment ; horizon durci à cohésion d'ensemble forte ; assez bonne à bonne porosité tubulaire.
- 55 - 93 cm : Horizon ocre clair (jaune) à pénétrations humifères brun grisâtre, nettes selon les remplissages de pores tubulaires et donnant un net aspect ségrégatif ; texture argilosableuse ; structure peu développée ; large débit nettement prismatique au pic ; cohésion forte ;

- porosité tubulaire très grossière bien développée.
- 93 - 103 cm : Horizon ocre clair (jaune) avec la même pénétration humifère dans le haut, mais moins intense ; texture argilosableuse paraissant plus argileux que précédemment ; large débit nettement prismatique au pic ; quelques fentes de dessiccation verticales ; de gros trous de termites donnent une bonne porosité grossière.
- 103 - 113 cm : Horizon ocre clair essentiellement gravillonnaire à gros gravillons ferrugineux dont la plupart ne marquent aucune reprise actuelle de ferrugination et sont bien libres.
- à 113 cm : Cuirasse ferrugineuse cimentant des gravillons ferrugineux, induration forte.

On est obligé d'admettre que l'horizon gravillonnaire est peu évolué et que par conséquent les apports qui le surmontent sont peu évolués, la formation de la cuirasse est indépendante des apports qui la surmonte : c'est probablement un ancien glacis cuirassé par les solutions ferrugineuses provenant des cuirasses anciennes.

Le problème est le même dans le profil VB 39, mais l'horizon gravillonnaire s'indure progressivement en profondeur pour aboutir à une carapace ferrugineuse gravillonnaire.

Profil VB 39

- Situation : Sur la piste de Gaongo à la Volta Blanche, à 5.7 Km de Gaongo soit à 4.5 Km du premier talweg à Mytragyna après Gaongo.
Zone plane plus basse après les affleurements de concrétions et de cuirasse du Km 5.4. Présence de quelques rares affleurements de cuirasse.
- Végétation : Savane très arbustive à Butyrospermum parkii avec Terminalia glaucescens, gardenia sp. (aqualla), quelques Acacia.

Description :

- 0 - 20 cm : Horizon gris beige, peu humifère ; humide (pluie) ; cohésion faible ; structure à tendance particulaire ; texture sableuse à nombreux petits gravillons ferrugineux.
- 20 - 53 cm : Horizon ocre, ne paraissant pas humifère ; argilo-sableux devenant gravillonnaire à sa base.
- 53 - 60 cm : Lit de petits gravillons ferrugineux, peu cohérent, non évolué.
- 60 - 68 cm : Même lit gravillonnaire mais avec des taches ocre et un début d'imprégnation de plus en plus durci vers le bas et aboutissant alors à une carapace ferrugineuse gravillonnaire.
- à 68 cm : Carapace à cuirasse ferromanganifère où l'on distingue quelques gravillons ferrugineux mais plus gros que les précédents.

La cuirasse du dernier horizon est l'équivalent de celle du profil précédent, les apports gravillonnaires ont été cimentés par les phénomènes d'hydromorphie installés à la faveur de la cuirasse ancienne et non par le fer provenant des horizons supérieurs. En effet, dans ce dernier cas, c'est le dessus ou l'ensemble des horizons gravillonnaires qui auraient été indurés, l'accumulation de fer aurait été brutale au contact avec la zone gravillonnaire.

Dans le profil suivant, nous allons examiner le comportement des éléments gravillonnaires à l'intérieur des pseudohorizons d'accumulation mêmes :

Profil VRB 1

- Situation : Sur la route de Sulla à Baouiga, à 50 mètres environ du croisement avec la route de Léo à Ouagadougou. Bas d'une pente d'environ 1 %.
- Végétation : Savane à Daniellia oliveri, Ischerlinia dalzielii, Anogeissus leiocarpus, Parkia biglobosa, Kaya senegalensis ; strate arbustive à Butyrospermum parkii.

Description :

- 0 - 21 cm : Horizon gris humifère ; sableux peu argileux ; structure peu développée à tendance prismatique s'affirmant par quelques fines fentes de retrait verticales ; cohésion moyenne à assez forte.
- 21 - 35 cm : Horizon gris beige plus faiblement humifère, mais identique par ailleurs au précédent.
- 35 - 68 cm : horizon tranchant brutalement sur les précédents fond ocre clair à taches ocre plus soutenues ; texture argilosableuse à trame de sables très grossiers passant aux graviers ; l'argile est très adhésive ; horizon durci ; structure peu développée à tendance prismatique ; quelques fines fentes de dessiccation verticales ; bonne porosité tubulaire grossière. Contient quelques petits gravillons ferrugineux dont les emplacements sont lissés.
- 68 - 120 cm : Horizon à taches ocre l'emportant sur le fond ocre clair, identique par ailleurs au précédent. Contient des gravillons ferrugineux à emplacements lissés.
- 120 - 148 cm : Horizon identique au précédent mais plus riche en gravillons ferrugineux de forme irrégulière ici, sans patine, à cassure brun rouille foncé uniforme : les emplacements des gravillons sont lissés.

Les apports sableux apparaissent plaqués sur l'apport argilosableux à gravillons ferrugineux. Dans un horizon d'accumulation de fer et d'argile, par conséquent affecté par les mouvements des sesquioxydes de fer et éventuellement de manganèse, les éléments gravillonnaires ne peuvent rester aussi inertement enchassés dans la terre fine sans être le point de départ d'une accumulation ferrugineuse qui se traduirait par une recimentation de la terre fine autour des gravillons et leur transformation en concrétions ferrugineuses. On rencontre ce même phénomène dans le profil VRP 46 (au Km 11.5 sur la piste boussole 15° partant de Beidari) dans une zone plane à très nombreux affleurements de cuirasse par gros blocs épars et à ras de terre, cette zone plane domine par une corniche cuirassée le talweg du Km 10.8 qui l'a entaillée à la suite de la dernière phase de recusement. Le pseudohorizon d'accumulation d'argile 27 - 45 cm est ici sabloargileux et contient de nombreux petits gravillons ferrugineux presque sphériques ayant tous gardé leur individualité et leur patine, et il repose sur un lit gravil-

lonnaire d'environ 2 à 3 cm non évolué, et qui repose lui-même de 45 à 50 cm sur une carapace ferrugineuse formée de grosses concrétions passant vite à 50 cm à la cuirasse ferrugineuse à induration forte.

c) Réalité des apports polyphasés : comportement des pseudohorizons d'accumulation de fer et de manganèse

Profil VRK 19

- Situation : Sur la route de Kampala à Zabré, à 1.9 Km du croisement avec la route de Tiébélé. Mi-pente d'une longue pente de 1 à 2 % dominée à droite par de hautes collines granitiques.
- Végétation : Jachère arbustive à repousses de Combretum glutinosum.
- Description :
- 0 - 13 cm : Horizon brun gris clair, faiblement humifère ; sableux, peu argileux à trame de sables grossière à moyenne ; structure non développée ; cohésion moyenne ; porosité tubulaire moyenne.
- 13 - 25 cm : Horizon à taches brun grisâtre clair et à nuances brun-clair avec un aspect ségrégatif ; encore faiblement humifère ; identique au précédent par la texture ; structure peu développée à faible tendance prismatique ; horizon un peu plus durci que le précédent mais à cohésion encore moyenne ; fine porosité tubulaire moyenne.
- 25 - 43 cm : Horizon à taches ocre rouge mal délimitées et à taches plus claires très imprécises du type grisâtre ; aspect mal drainé ; texture identique à celle du précédent dans le haut, un peu plus argileux dans le bas ; structure à tendance prismatique mieux affirmée ; cohésion forte ; assez bonne porosité tubulaire ; paraît encore faiblement humifère avec un aspect un peu brunâtre par rapport au suivant.

- 43 - 58 cm : Horizon ocre à ocre rouge à nuances plus claires imprécises ; ne paraissant pas humifère ; texture sableuse un peu argileuse ; identique au précédent par la structure et la cohésion.
- 58 - 75 cm : Horizon rouge devenant ocre rouge au séchage ; argilosableux à sabloargileux ; structure identique à celle des deux précédents à l'état sec avec une cohésion forte ; mais l'horizon est moyennement humide en cette saison (17 février) et le piochon détache des plaques qui se résolvent en polyèdres grossiers.
- 75 - 135 cm : Horizon assez identique au précédent mais à concrétions manganifères noires et à texture argilosableuse.
- 135 - 173 cm : Horizon ocre rouge à taches beige blanchâtre constituées par des micropoches de sables fins blanchis et peu cohérents, à nombreuses concrétions noires manganifères durcies, non cassables à l'ongle ; texture argilosableuse riche en graviers de quartz, parfois sabloargileuse à sables grossiers, horizon humide et paraissant peu cohérent dans l'ensemble avec une porosité grossière bien développée par de nombreux trous ; présente des débuts d'induration par zones avec une cohésion alors très forte au séchage.

Nous nous baserons essentiellement sur la dynamique du manganèse, élément beaucoup plus mobile que le fer, plus lessivable que lui et qui, dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés, est généralement expurgé du profil ou tout au moins s'accumule plus bas que le fer. Nous ferons intervenir aussi la morphologie de l'accumulation ferrugineuse.

Le profil VRK 19 nous a montré une succession texturale qui peut évoquer un lessivage et une accumulation argileuse.

Une telle accumulation d'argile laisse supposer un lessivage intense et une profonde évolution qui cadre mal avec la morphologie des pseudohorizons d'accumulation. Un sol aussi évolué en milieu ferrugineux tropical riche en fer et en milieu mal drainé tel que cela apparaît dans le dernier horizon montrerait une ségrégation ferrugineuse beaucoup plus intense et beaucoup plus perceptible morphologiquement. Or, on constate simplement un blanchiment du fond ocre-rouge primitif. On ne peut cependant pas faire appel à une expurgation du fer hors du profil étant

donnée l'intense ségrégation du manganèse. Par ailleurs, la répartition de l'accumulation manganésifère à travers l'ensemble des deux pseudohorizons d'accumulation ne fait nullement intervenir les phénomènes de lessivage, car alors, un produit aussi mobile que le manganèse se serait accumulé à la base des horizons d'accumulation. Cette ségrégation ou cette accumulation manganésifère est essentiellement d'origine hydromorphe et l'augmentation du taux d'argile dans le bas du profil est due à des variations de dépôts. Du reste, on voit la texture restersableuse jusqu'à 58 cm (à de faibles variations près), puis devenir brusquement argilosableuse à sabloargileuse.

Dans le profil suivant, le VRB 20, nous retrouvons un pseudoprofil typique de sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions :

Profil VRB 20

- Situation : Au Km 3.8, sur la piste boussole 66° de Bacuiga à la Volta Rouge (départ au Km 4.6 sur la piste de Sula à Bouiga).
Paysage constitué par une plaine mollement ondulée avec des pentes très faibles de l'ordre de 1 %, où les croupes sont constituées par des carapaces et cuirasses généralement à faible recouvrements gravillonnaires. Ces légères croupes séparent de larges zones planes très souvent à tendance hydromorphe en surface.
Le profil VRB 20, ^{est} dans une de ces zones planes à tendance hydromorphe : réseau de fines fentes de desiccation en surface avec nombreux rejets de vers de terre.
Présence de termitières beige clair.
- Végétation : Elle est assez caractéristique de cette zone. C'est la savane arborée à Burkea africana avec Dutyrospermum parkii, Isoberlinia doka et Dalzielii. La strate arbustive est constituée de Burkea africana avec Deterium microcarpum, Terminalia glaucescens, Bauhinia sp..
- Description :
- 0 - 21 cm : Horizon gris à aspect bleuté, humifère, devenant gris beige moins humifère de 12 à 21 cm - Sableux un peu argileux à trame de sables moyenne - Structure

- peu développée à tendance prismatique - Cohésion forte à très forte pour les grosses mottes délogées au pic - Bonne porosité tubulaire grossière.
- 21 - 37 cm : Horizon de transition ocre très clair à pénétration humifère beige gris clair à gris clair voilant le fond ocre ; paraissant encore humifère à matière organique de migration, de type hydromorphe (par plaques) donnant un aspect de ségrégation ferrugineuse à l'horizon. Texture sable-argileuse - Structure peu développée à tendance prismatique - Cohésion forte - Porosité faible.
- 37 - 64 cm : Horizon ocre très lavé à taches plus ocre ou ocre jaune, parfois noires au centre - Texture argilosableuse ; contient quelques petits gravillons ferrugineux dont les emplacements sont légèrement plus ocre et légèrement lissés - Structure non développée Cohésion forte.
- 64 - 96 cm : Horizon ocre très clair à l'état sec, ocre quand il est frais, à taches rouille, brun rouille, parfois noirâtres au centre - Taches en voie de durcissement ou durcies en concrétions irrégulières et cassables assez nombreuses - Structure non développée - Cohésion forte - On note la présence d'une trame de sable grossière comme dans l'horizon précédent - La texture est argilosableuse - On remarque également quelques gros trous (de termites ?).
- 96 - 130 cm : Horizon beige clair à nombreuses taches rouille rouge, s'anastomosant, souvent noires au centre et souvent individualisées en concrétions rouges au centre noir. La texture est celle de l'horizon précédent, argilosableuse mais avec de gros graviers de quartz anguleux qui semblent avoir été partie intégrante du granite ; on distingue également quelques rares cristaux de feldspaths peu altérés; contient quelques gros gravillons ferrugineux qui ont gardé leur individualité et sont simplement un peu tachés par les solutions ferrugineuses en surface ; il y a également de petits gravillons ferrugineux qui ne semblent pas avoir été le point de départ de la ségrégation ferrugineuse - Le matériau semble être le produit de l'altération d'un granite un peu remanié - La cohésion est plus forte

en surface - En profondeur, les taches rouille rouge l'emportent de loin sur le fond, il ne manque que l'induration pour en faire une carapace - Contient aussi quelques cailloux de quartz.

Les caractéristiques de ce sol sont typiquement de type hydromorphe sur l'ensemble du profil : peu évolué, mal drainé en surface, franchement hydromorphe en profondeur. L'existence de la ségrégation manganifère et sa simultanéité avec celle du fer de 37 à 130 cm montre que les phénomènes de lessivage n'ont pas suffisamment joué dans ce sol au point de constituer un horizon d'accumulation d'argile.

Par ailleurs, l'enchevêtrement des taches ferrugineuses, la forme très irrégulière des concrétions sont des caractéristiques typiquement hydromorphes.

L'augmentation du taux d'argile en profondeur est donc due à des variations de dépôts.

On retrouve ces caractéristiques dans le profil VRB 21 situé sur la même piste, 1.9 Km avant le VRB 20. La ségrégation simultanée de manganèse et de fer sous forme ici de concrétions ferromanganifères, rouges à centre noir, va de 45 à 135 cm, c'est-à-dire du haut à la base du pseudohorizon d'accumulation d'argile qui apparaît ici très hétérogène : de 45 à 83 cm, il est argilosableux riche en graviers de quartz ; de 83 à 92 cm, il devient gravello-argileux, tandis que de 92 à 135, il est tantôt argilogravelleux, tantôt gravello-argileux, en même temps que l'accumulation ferromanganifère plus intense de 92 à 135 cm, présente par son hétérogénéité des caractéristiques essentiellement hydromorphes : tantôt l'imprégnation par les hydroxydes intense donne une carapace rouge à taches noires, tantôt le matériau non imprégné présente seulement des concrétions irrégulières durcies, très riches en manganèse. Ce dernier horizon, très riche en cailloux de quartz d'apports représente le premier matériau de comblement lors de la pénéplanation, il a dû être enrichi par les solutions ferrugineuses et manganifères sous l'influence des cuirasses anciennes. En effet, on retrouve ces mêmes cailloux de quartz dans la partie supérieure des carapaces et cuirasses ferrugineuses qui représente la surface d'érosion sur laquelle ont eu lieu les apports récents polyphasés.

d) Réalité des apports polyphasés : comportement des fractions sableuses à travers les profils

Toutes les constatations précédentes nous avaient amenés sur le terrain même à émettre l'hypothèse selon laquelle nous aurions deux types d'apports :

- Les apports superficiels récents, sableux à sabloargileux, apportés par le ruissellement, mieux triés et par conséquent plus appauvri en argile par le fait même de ce triage, les fractions fines étant entraînées vers les talwegs.
- Les apports de profondeur qui ont servi au colmatage des creux et dépressions pendant la période d'arasement et qui sont dérivés des altérations de granite remaniées en masse, beaucoup moins triés, donc non appauvris en argile.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris l'étude de la fraction sur les échantillons de nombreux profils, y compris les échantillons concrétionnés et les cuirasses.

Signalons cependant qu'il s'agit d'apports sur des distances insuffisantes pour provoquer l'usure des grains de feldspaths et de quartz, distances qui peuvent être importantes selon A. CAILLEUX et J. TRICART (9) : "dans les fleuves, c'est seulement au bout de 300 Km que les non-usés sont devenus émoussés, luisants, de contour général d'ailleurs encore subanguleux et dans une proportion faible...". Signalons aussi que d'après ces mêmes auteurs, "les feldspaths résistent à l'usure mécanique à très peu de choses près, aussi bien que les quartz", et la richesse en feldspaths indiquerait généralement une altération chimique faible avec prépondérance des actions mécaniques dans l'attaque des roches-mères, ou une reprise d'érosion active (c'est le cas ici) ayant permis l'attaque directe des horizons profonds peu altérés.

d1- Nature des sables

L'étude de la nature des sables sera surtout macroscopique ici, nous n'avons pas pu faire des déterminations précises en nombre suffisant. Celles que nous possédons ont été obligeamment effectuées par J.M. WACKERMANN et C. LAUNAY, au Centre ORSTOM de DAKAR. Nous essayerons ultérieurement d'en refaire.

La discontinuité dans l'origine des apports se traduit très souvent par une discontinuité dans la nature des sables.

Dans le profil VRB 20, nous ne possédons de déterminations que pour le prélèvement VRB 204 qui, avec 55 % de quartz et 44 % de feldspaths (opaques) apparaît très nettement comme une arène granitique chimique/peu évoluée où l'on distingue encore quelques amphiboles fibreuses ferruginisées. Le prélèvement 205 apparaît identique au 204, tandis que le 203 apparaît beaucoup plus pauvre en feldspaths, mais on y distingue encore de très nombreux petits grains de feldspaths altérés, blancs, opaques. Les prélèvements 201 et 202 apparaissent essentiellement quartzeux (sables limpides), mais les déterminations sur des fractions sableuses d'aspect identique donnent environ 25 % de feldspaths.

Dans le profil VRK 45, les trois premiers horizons contiennent 20 % de feldspaths pour le VRK 451, 16 % pour le 452, et 18 % pour le 453, alors que le 454 apparaît nettement devoir être rattaché au VRB 204.

Dans le profil VRP 1, les déterminations donnent 24 % de feldspaths pour le VRP 11, 32 % pour le VRP 12, 26 % pour le VRP 13, 24 % pour le VRP 14, et 26 % pour le VRP 15, en ce qui concerne les fractions sableuses de la terre fine, le VRP 16 n'a malheureusement pas fait l'objet de détermination, cependant les feldspaths y apparaissent macroscopiquement dominants en gros cristaux blancs opaques paraissant altérés. Les refus apparaissent assez riches en feldspaths pour le VRP 14, tandis que le quartz semble dominant dans le VRP 15 et le VRP 16, sous forme de gros graviers (les feldspaths étant sous forme de petits grains blancs opaques).

Dans tous les cas, une différence essentielle apparaît presque constamment entre les sables des pseudohorizons lessivés et ceux des pseudohorizons d'accumulation d'argile et de fer, à savoir : la limpidité bien plus grande des sables dans les premiers (faible altération des feldspaths) et l'opacité des feldspaths dans les seconds (altération des feldspaths), même à teneurs en feldspaths équivalentes. Plusieurs interprétations sont possibles :

- Les horizons argileux ont subi une altération en place plus poussée : nous avons vu dans la morphologie des pseudohorizons d'accumulation d'argile et de fer que cela était/peu probable.
- Les horizons argileux proviennent du faible rema-

niement des arènes granitiques sous-jacentes ; en effet, s'ils sont quantitativement plus pauvres en feldspaths que ces derniers, l'aspect des grains de feldspaths reste le même. Les horizons de surface proviendraient d'apports plus récents réalisés à partir des altérations de granite plus ou moins poussées et aussi d'affleurements de granites sains mis à nu, c'est du reste ce qui apparaît nettement sur le prélèvement VRK 452 où l'on retrouve encore des débris de hornblende verte.

D'une façon générale, dans les échantillons ayant fait l'objet de déterminations, la proportion des feldspaths est relativement importante, de l'ordre de 20 - 25 %, atteignant plus de 40 % dans les arènes granitiques de profondeur ; les plagioclases subsistent toujours à l'état de traces, atteignant parfois 1 %, et l'on peut trouver en surface des minéraux très rapidement altérables dans ces conditions climatiques, telle la hornblende verte. C'est là la preuve d'une altération chimique relativement peu poussée, provenant du fait que nos sols sont développés dans des arènes granitiques mises à nu par l'érosion. Ces résultats concordent bien, tant avec notre interprétation géomorphologique qu'avec notre classification pédologique.

L'analyse triacide de quelques carapaces a bien montré, comme nous l'avons vu, par la proportion des bases totales (notamment le sodium) qu'il s'agit d'arènes granitiques ferruginisées.

Mais, l'analyse minéralogique des argiles signale 100 % de kaolinite avec seulement des traces d'illites, indiquant ainsi, et théoriquement, une forte altération chimique. Cependant, si on peut et si l'on doit juger du type d'altération d'après la minéralogie des argiles, il apparaît difficile d'utiliser cette donnée pour juger de l'intensité de l'altération. Il semble que la formation exclusive de kaolinite soit typique du premier stade d'altération même de ces matériaux puisque cela se produit dans des arènes granitiques contenant encore 44 % de feldspaths (prélèvement 204), des traces de plagioclases, et même des débris de hornblende verte, et elle n'indique pas obligatoirement une profonde altération chimique du matériau, mais un type d'altération où les bases sont expurgées du milieu.

d2- Granulométrie des sables

Dans ce domaine, de fortes discontinuités apparaissent dans certains horizons en ce qui concerne les refus par exemple :

Profil VRK 45

Les apports superficiels (VRK 451 et 452) ne présentent pas de refus au tamis de 2 mm, tandis que les prélèvements VRK 453 et 454 présentent des refus qui, après attaque à l'acide chlorhydrique bouillant, se révèlent constitués de gros graviers de quartz et de feldspaths.

Profil VRK 31

Les refus des prélèvements VRK 311, 312 et 313 sont constitués de petits graviers de quartz et d'éléments ferrugineux dont de nombreux petits gravillons ferrugineux, tandis que ceux du prélèvement VRK 314 sont constitués de gros graviers de quartz avec des concrétions ferrugineuses et après attaque à l'acide chlorhydrique, ils apparaissent constitués de très graviers à petits cailloux de quartz et de feldspaths portant pour les premiers, des placages blanchâtres de feldspaths qui indiquent qu'ils sont partie intégrante d'une arène granitique. Dans le prélèvement VRK 315, ces graviers de quartz disparaissent.

Profil VRP 1

Les prélèvements VRP 11, 12 et 13 sont sans refus, alors que les prélèvements VRP 14, 15 et 16 montrent des refus qui se révèlent après attaque chlorhydrique, constitués de graviers de quartz et de feldspaths pour le VRP 14, et de gros graviers de quartz et de feldspaths pour le VRP 15 et le VRP 16, accompagnés d'éléments fins (quartz et feldspaths).

L'étude granulométrique des sables, n'a été réalisée que sur la terre fine. Cependant, les résultats concernant les profils sans refus, restent indiscutablement valables.

Nous avons utilisé les graphiques en log probabilité de G. BILLY (6), et comme il ne s'agit que de comparaisons à l'intérieur du même profil, nous n'avons pas jugé utile de revenir à la courbe cumulative normale. Nous avons tenté aussi un essai d'utilisation des graphiques rectangulaires de DOUGLAS (11) appliqués ici aux seules fractions sableuses. Il ne s'agit que d'une application du théorème de l'homothétie.

Nous étudierons principalement les profils sans refus (VRN 32, VRK 43, VRB 27, VERB 20, VRN 26, VS 1, VL 15).

Nous avons vu, dans l'étude géomorphologique les conclusions à l'examen des courbes cumulatives et des graphiques rectangulaires inspirés de DOEGLAS .

Tous se passe dans les horizons superficiels comme si un triage par le ruissellement le long d'une pente faible aurait éliminé l'argile (emportée dans les thalwegs) et les sables grossiers (restés en haut de pente) au profit des sables fins et très fins.

Tout cela est en accord avec l'hypothèse selon laquelle les horizons de surface seraient des apports plus récents apportés par le ruissellement, tandis que les horizons de profondeur seraient des arènes granitiques plus ou moins remaniées.

Nous avons déterminé à l'appui de cette hypothèse quelques coefficients de triage (Qg de TRASK) ne concernant évidemment que la fraction sableuse:

Prélèvements		1	2	3	4	5	6
Profils							
VRN	26	2,02	1,97	2,08	2,79		
VL	15	2,43	2,30	2,72	2,76		
VRB	20	1,61	1,64	1,70	1,78	2,02	
VRK	45	1,65	1,79	1,87	2,10		
VRP	1	1,76	1,86	1,97	1,82 ?	2,32	2,40

Le coefficient de triage augmente en profondeur c'est-à-dire que le triage diminue en profondeur et particulièrement dans les arènes granitiques.

e) - Examen microscopique de plaques minces de sols

Ici, et comme pour les sables, nous n'avons pas pu faire les nombreuses déterminations qui auraient été nécessaires. Nous ne possédons que quelques déterminations faites obligeamment par J. M. WACKERMANN et C. LAUNAY.

Les prélèvements des profils VL 15, VRK 45 et VRP 1, ainsi que le prélèvement VRB 204, du profil VRB 20, ont fait l'objet de plaques minces de sols. On ne constate aucun phénomène d'orientation des argiles dans les profils VRK 45 (prélèvements VRK 451, 452 et 453), VRP 1 (prélèvements VRP 11 à VRP 15), et dans le prélèvement VRB 204 on ne trouve que quelques légers enrobages argileux. Ce sont pourtant des pseudoprofils ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ou carapace, certains horizons apparaissent au microscopes telles de véritables arènes granitiques. J.M. WACKERMANN a essayé de chiffrer les dimensions des quartz et des feldspaths et il retrouve la discontinuité que nous avons déjà soulignée:

VRK	451	:	1	mm (moyenne)	Fortement fracturés
VRK	452	:	1,6	mm	moyennement fracturés
VRK	453	:	3	mm	moyennement fracturés
VRP	11	:	1,5	mm	très fracturés
VRP	12	:	3	mm	moyennement fracturés
VRP	13	:	4,5	mm	moyennement fracturés
VRP	14	:	4,5	mm	moyennement fracturés
VRP	15	:	4,5	mm	moyennement fracturés

Les grains de quartz et de feldspaths apparaissent généralement plus fracturés en surface qu'en profondeur :

VL 151 : moyennement fracturés
152 : moyennement fracturés
153 : peu fracturés
154 : peu fracturés.

C'est encore là un indice de discontinuité.

Un profil seulement, le VL 15, montre de fortes orientations de l'argile, mais au lieu que le phénomène se produise uniquement pour les horizons illuviaux, il intéresse la presque totalité du profil, y compris un pseudohorizon lessivé. Il disparaît seulement dans l'horizon, tout à fait superficiel, remanié. Par ailleurs, il s'agit très nettement d'une orientation de l'argile non autour des unités structurales, mais autour des grains de quartz et de feldspaths. Si on joint ces caractéristiques au fait que le profil est situé en bas de pente, à quelques 50 mètres de la Volta blanche, on peut conclure que l'orientation des argiles vient de l'origine même des dépôts, lessivage oblique avec accumulation en bas de pente.

Signalons cependant que les plaques minces de sols n'avaient pas la dimension usuelle pour ce genre de détermination, mais ces constatations confirment notre hypothèse.

f) Conclusion

Des apports superficiels, sableux à sabloargileux, recouvrent des matériaux à base d'altération de granite plus ou moins remaniés, à texture argilosableuse, souvent imprégnés de fer par altération in situ ou sous l'influence des cuirasses anciennes. Les deux caractéristiques morphologiques et analytiques essentielles utilisées pour la différenciation des sols ferrugineux tropicaux lessivés, à savoir le lessivage et l'accumulation d'argile et de fer, sont inutilisables ici.

Par ailleurs, la ségrégation ferrugineuse a des caractéristiques typiquement hydromorphes. On admet aussi, généralement, que dans les sols ferrugineux tropicaux, la matière organique rapidement décomposée décroît rapidement en profondeur : ici la matière organique décroît très progressivement jusqu'à une assez grande profondeur

Cette caractéristique apparaît très nettement au point de vue analytique sur le tableau suivant donnant pour quelques profils la matière organique et le rapport carbone sur azote, en fonction de la profondeur :

Profil VRK 31

	0-12 cm	12-26 cm	26-41 cm	48-75 cm	88-115 cm
MO %	1.40	0.80	0.77	0.46	0.36
C/N	18.4	11.5	13.7	11.3	9.1

Profil VRK 32

	0-13 cm	13-25 cm	25-42 cm	42-67 cm	67-86 cm	86-125cm
MO %	1.06	0.80	0.56	0.56	0.40	0.40
C/N	16.5	15.9	13.2	10.0	10.0	8.6

Profil VRK 43

	0-17 cm	17-35 cm	35-63 cm	70-95 cm	103-125cm	140-150cm
MO %	1.04	0.88	0.74	0.45	0.37	0.22
C/N	16.2	15.9	13.4	10.0	10.0	

Profil VRP 1

	0-12 cm	12-23 cm	23-36 cm	36-53 cm	53-76 cm	76-105cm
MO %	1.4	1.06	0.81	0.51	0.52	0.28
C/N	15.5	14.9	14.2	13.0	10.7	7.6

Profil VRB 13

	0-20 cm	20-39 cm	39-69 cm	69-113 cm
MO %	0.84	0.62	0.60	0.45
C/N	15.5	16.4?	13.0	11.8.

Pour certains profils, la décroissance peut être assez brusque du premier au deuxième horizon, mais le taux de matière organique ne décroît ensuite que progressivement, en profondeur :

PROFIL VRK 45

	0 - 15 cm	15 - 33 cm	50 - 70 cm
MO %	1,80	0,93	0,71
C/N	18,2	19,3 ?	13,2

Le rapport carbone sur azote élevé, tend à confirmer le mauvais drainage de ces sols, mais il s'agit pour tous les profils ci-dessus de très vieilles jachères reprises par la végétation naturelle. On pourrait aussi attribuer ce rapport C/N élevé à des résidus charbonneux dus aux feux de brousse, cependant dans une expérience réalisée en 1959, nous avons trouvé que le carbone non organique n'intervenait que de façon négligeable dans le dosage du carbone par la méthode Walkley et Black à froid (27). Par ailleurs les C/N restent relativement élevés jusqu'à vers 50-60 cm. Il s'agirait donc bien d'hydromorphie.

Cette répartition de la matière organique, plus hydromorphe que ferrugineux tropical, n'apparaît pas seulement dans les résultats analytiques, mais aussi parfois dans les caractères morphologiques observables sur le terrain. Ainsi, nous avons noté souvent dans des pseudohorizons d'accumulation d'argile une pénétration humifère sous la forme de taches grisâtres paraissant correspondre au remplissage des pores et donnant à l'horizon un aspect ségrégatif: profils VRP 46, VRB 13, 4, 7, 53, 57, 63, 64 68, 43, et particulièrement, le VRB 72 (page 298) et le VRP 1 (page 315).

D'autre part, la tendance hydromorphe se marque très souvent dans ces sols, soit par :

- la végétation, qui est souvent et assez typiquement lorsqu'elle a été dégradée, la savane arbustive à base essentiellement de *Gardenia aquala*, *Pteleopsis suberosa*, deux espèces que nous n'avons trouvées en peuplements denses ou exclusifs, sous des pluviométries identiques, en Haute Vallée du Niger, que dans les zones mal drainées;
- un aspect mal drainé en surface: fines fentes de dessiccation, rejets nombreux de vers de terre,
- une nette tendance prismatique dans les horizons superficiels.

Cette tendance hydromorphe constante, jointe à la réalité d'apports polyphasés, ne paraissant pas souvent avoir subi de lessivage en place, nous ont amenés à considérer les recouvrements superficiels comme peu évolués, mal drainés, à tendance ferrugineux tropical.

Devant la variété des recouvrements et des matériaux recouverts, nous avons dû condenser la classification en ramenant de nombreux caractères au niveau de la série, et qui normalement sont des caractères de faciès.

4.2. - ETUDE DES SERIES

4.2.1. - Sols à recouvrements polyphasés argilo-sableux puis sableux à sableux à sablo-argileux

a) Sols à intense concrétionnement

La majorité des profils de cette famille appartient à ce groupe de séries ou au suivant :

PROFIL VRP 1

Situation : Sur la route de Saro à P6, à 1,1 km du croisement avec la piste de Saro à Guiaro.
Zone quasi-plane à très faible pente.

Végétation : Savane arborescente à Butyrospermum parkii, très arborescente à Gardenia aqualla, Pteleopsis suberosa, avec Daniellia oliveri, quelques Terminalia glaucescens et Bauhinia sp. La strate herbacée est à base d'Andropogon gayanus, Hyparrhenia sp. (diplandra), Indigofera sp.
Par endroits, on a des peuplements presque purs de Pteleopsis suberosa.

Surface du sol: L'aspect est très nettement mal drainé: nombreux rejets de vers de terre, nombreuses et fines fentes de dessiccation tendant à former un réseau.

Description :

- 0 - 12 cm: Horizon gris, peu humifère; avec quelques fins points ocre - Texture sablo-limono-argileuse à sables très fins et limon grossier - Structure à nette tendance prismatique s'affirmant par d'assez nombreuses fentes de dessiccation, devenant grumeleuse à nuciforme autour des racines de graminées - La cohésion est forte - Bonne porosité tubulaire assez grossière - Nombreuses racines par endroits seulement.
- 12 - 23 cm : Horizon beige gris, humifère, à matière organique de migration - Texture argilo-sableuse à sablo-argileuse à sables fins - Structure prismatique moyennement développée par de fines fentes de dessiccation - Horizon durci à cohésion forte - Assez bonne porosité tubulaire moins grossière On note quelques nuances ocre pâle.
- 23 - 36 cm: Horizon beige gris à taches ocre claire paraissant mal délimitées mais nettement visibles et nombreuses - Paraissant encore humifère - Texture argileuse à argilo-sableuse à sables plus grossiers - Horizon durci à structure du type prismatique moyennement développée, devenant assez bien développée par endroits - Fine porosité tubulaire moyenne - Cohésion forte.
- 36 - 53 cm: Horizon beige gris à taches ocre clair nombreuses - Paraissant encore humifère mais faiblement - Assez nombreuses concrétions ferrugineuses rouille, durcies et irrégulières à nombreuses apophyses; quelques taches brun noirâtre probablement manganifères; d'assez nombreux petits gravillons ferrugineux (incontestablement des gravillons) - Texture argileuses -

- L La structure est prismatique moyennement développée mieux affirmée que dans les horizons précédents - Bonne porosité tubulaire - Cohésion des agrégats forte - La trame de sable semble grossière ici - Les gravillons forment à la base de cet horizon, par endroits, une stene line plus grossière incluant même quelques morceaux de granite altéré rouille.
- 53 - 76 cm : Horizon beige clair à taches ocre clair parfois piqué de brun noir, ne paraissant pas humifère - Texture argileuse - Nombreuses concrétions rouille noirâtres au centre, durcies, non cassables - De petits gravillons ferrugineux - Structure polyédrique moyennement développée : les plaques débitées au piochon se réduisent très facilement en polyèdres.
- 76 - 105 cm: Carapace ferro-manganifère rouille à taches noires sur un fond de terre fine gris blanchâtre avec de nombreux cristaux de feldspath et de très nombreux cailloux de quartz; probablement altération d'un granite.

Interprétation morphologique :

Le 6ème horizon, 76-105 cm, représente la surface d'érosion sur laquelle se sont déposés les apports supérieurs. On y retrouve, en effet, les nombreux cailloux de quartz qui marquent très souvent la surface d'érosion. Cette carapace formée sur altération de granite a donc été imprégnée de fer et de manganèse sous l'influence des cuirasses anciennes. La fraction sableuse semble très riche en feldspaths.

Le 5ème horizon est une altération de granite très peu remaniée, identique au 6ème horizon, les courbes cumulatives en log probabilité sont superposées sur la majeure partie du graphique, elle ne se sépare que pour les fractions les plus grossières, la fraction sableuse semble précédemment très riche en feldspaths.

Le 4ème horizon lui, est un apport argilo-sableux contenant des noyaux granitiques qui étaient concrétionnés ou qui ont été le point de départ du concrétionnement. C'est en quelque sorte un horizon de transition. La fraction sableuse de la terre fine sans les concrétions est, en effet, constituée surtout de sables limpides (quartzeux) comme dans les apports superficiels, mais l'attaque des concrétions à l'acide chlorhydrique révèle une fraction sableuse très grossière constituée de gros graviers de feldspaths et de quartz et de sables feldspathiques en proportion paraissant élevée: c'est à l'aspect une véritable arène granitique. Les concrétions n'étaient en réalité que des morceaux de granite ferruginisés.

Dans le 3ème horizon, le concrétionnement disparaît en même temps que disparaît cet aspect d'arène granitique des sables: la fraction sableuse est à forte dominance quartzeuse (74 %) avec des feldspaths paraissant limpides pour la plupart (26 %). Il n'y a pas de refus. C'est un apport argilo-sableux différent des précédents par l'absence de cet aspect d'arène granitique. Il se différencie du 2ème horizon par un squelette sableux plus grossier dans son ensemble et moins bien trié.

Le premier horizon apparaît incontestablement comme un apport récent différent des autres par sa texture brutalement et beaucoup plus limoneuse, son squelette sableux plus fin et mieux trié: les coefficients de triage sont respectivement, de bas en haut : 2,43, - 2,40, - 1,89, - 1,96, - 1,85, - 1,76, -. Il s'agit d'un coefficient théorique calculé pour le squelette sableux seul.

La ségrégation ferrugineuse sous forme de concrétions et de taches bien affirmées paraît liée essentiellement à la présence d'une arène granitique.

Ici, les altérations de granites reposent elles-mêmes sur une carapace ferrugineuse.

Ce sol ne présente morphologiquement aucune caractéristique ferrugineux tropical:

La structure prismatique, la pénétration de la matière organique morphologiquement perceptible jusque dans l'horizon de concrétionnement, la forme des concrétions irrégulières à nombreuses apophyses, la ségrégation manganifère étalée de 36 à 105 cm, sont des caractéristiques essentiellement hydromorphes en même temps que certaines comme l'étalement de la ségrégation manganifère témoignent d'une absence de lessivage.

Interprétation analytique

Les résultats analytiques confirment cette pénétration de la matière organique en quantité relativement importante dans les horizons de concrétionnement. Le rapport C/N reste longtemps élevé (juste dans le 4ème horizon) témoignant bien de la tendance hydromorphe.

Les taux d'argile des horizons 13 et 14 semblent sous-évalués par rapport à l'observation de terrain. La brusque discontinuité entre le premier horizon limono-sableux et le deuxième horizon argilo-sableux à sablo-argileux, montre bien que ce premier est granulométrique et surtout de fer à l'allure de ceux d'un sol ferrugineux tropical lessivé en fer et en argile, mais la tendance à la mobilité exprimée par le rapport fer libre sur fer total augmente plutôt en profondeur (interprétation difficile ici).

Le complexe absorbant ne diffère pas sensiblement de celui d'un sol ferrugineux tropical lessivé, si ce n'est la remontée du pH et du taux de saturation au niveau du 6ème horizon, et aussi le maintien du pH en profondeur à une valeur relativement plus élevée que celle que l'on trouve habituellement dans un sol proche de la saturation dans l'horizon superficiel grâce à l'influence de la matière organique: en effet, en surface, la capacité d'échange est essentiellement assurée par la matière organique dont la décomposition restitue au sol les éléments minéraux. Par ailleurs, l'horizon superficiel est enrichi en éléments minéraux par les cendres végétales résiduelles des feux de brousse. En profondeur, le taux de saturation se maintient à des valeurs assez bonnes (67, 68 %).

L'influence de la matière organique sur la capacité d'échange apparaît très nettement: les trois premiers horizons ont des capacités d'échange nettement supérieures à celles des horizons profonds, bien qu'encore faibles.

Dans le premier horizon, où l'influence de la matière organique est négligeable, la capacité d'échange est d'environ 10,5 méq pour 100 g d'argile.

La faible capacité d'échange est corrélative de la présence exclusive de kaolinite dans la fraction argileuse.

Au point de vue physique, le test de percolation donne des valeurs franchement mauvaises sur l'ensemble du profil (elles restent inférieures à 1 cm/heure), qui ne sont pas représentatives: elles sont liées en profondeur à une augmentation de l'indice d'instabilité structurale.

La dégradation de la structure augmente en profondeur et est probablement liée à la dynamique du fer: la stabilité structurale DABIN.

b) - Sols à grandes taches rouges à rouille et à concrétions

La caractéristique essentielle de ces sols consiste en la présence en profondeur, dans l'arène granitique, de grandes taches rouges à rouille qui peuvent s'indurer en concrétions (profil VRB 20).

Cette induration n'existe pas dans certains profils (VRB 13), et nous passons normalement aux sols à taches.

PROFIL VRB 20 (page 304)

Le profil VRB 20 est assez identique au profil VRP 1, mais les apports reposent ici sur une altération de granite à taches et concrétions, d'une morphologie typique du genre: à savoir les grandes tache rouille à rouge, très nombreuses, anastomosées, nettement dominantes sur le fond ocre clair.

Les caractéristiques analytiques sont comme précédemment assez identiques à celles d'un sol ferrugineux tropical lessivé en argile et en fer; ici, le pH lui-même est parfaitement inclus cette fois dans cette similitude, cependant, l'augmentation du taux d'argile est trop brutale à faible profondeur, et ce taux d'argile reste ensuite constant.

Les caractéristiques physiques restent mauvaises en surface, tandis qu'elles s'améliorent en profondeur grâce à un taux élevé en sables grossiers.

Dans le profil suivant, le VRB 13, on retrouve dans les altérations de granite du dernier horizon, les grandes taches rouille anastomosées très caractéristiques de ces matériaux, mais le concrétionnement a disparu.

PROFIL VRB 13

Situation : Sur la route de Sulla à Tiaré, à 22,9 km du croisement avec la route de Léo à Ouagadougou.
Zone plane à aspect mal drainé en surface.

ment avec la route de Léo à Ouagadougou.
Zone plane à aspect mal drainé en surface.

Végétation : Savane très arbustive à Gardenia sp. (aqualla) avec Detarium microcarpum, Terminalia glaucescens, Daniellia oliveri, Burk. africana et même un Terminalia macroptera.

Description :

- 0 - 20 cm : Horizon gris, Humifère - Sableux légèrement argileux à sables fins - Structure peu développée à tendance prismatique marquée par quelques fentes de dessiccation verticales - Cohésion forte - Au piochon large débit à tendance prismatique - Porosité tubulaire grossière bien développée par endroits.
- 20 - 39 cm : Horizon beige gris à fines taches rouille - Humifère - Sableux, un peu argileux à sables fins - Structure prismatique peu développée identique à celle du premier horizon - Cohésion forte.
- 39 - 69 cm : Horizon à taches grisâtres de pénétration humifère sur un fond originel ocre, prenant ainsi un aspect de ségrégation ferrugineuse - texture argilosableuse Structure peu développée à tendance prismatique nette, bien marquée, par quelques fentes de dessiccation verticales très nettes - Cohésion très forte - On note aussi la présence de taches ocre et ocre plus clair.
- 69 - 113 cm : Horizon ocre un peu plus clair à taches ocre rouille - Texture argilosableuse à argileuse - Structure peu développée à tendance prismatique identique à celle du précédent - Cohésion très forte.
- 113 - 148 cm : Horizon ocre clair identique au précédent mais à taches rouille très nombreuses s'anastomosant sur un fond ocre lavé à taches plus blanchâtres ; les taches rouille sont parfois noires au centre - Cohésion forte.

Seul, le dernier horizon est constitué ici par des altérations de granite peu ou pas remaniées.

Le 4ème et le 3ème horizons correspondent aux 4ème et 3ème horizons du profil VRP 1 : sur ces apports argilosables sont plaqués brutalement ici des apports sableux.

La pénétration humifère est morphologiquement nette jusqu'à 69 cm et concerne le 1er pseudohorizon d'accumulation d'argile. Le mauvais drainage se manifeste par la structure prismatique, la tendance à la ségrégation ferrugineuse dès le 2ème horizon.

Les conclusions aux résultats analytiques sont les mêmes que précédemment, mais on retrouve comme dans le VRP 1, la remontée de pH en profondeur.

c) Sols de bas de pente à taches et quelques concrétions d'hydromorphie actuelle :

Dans la série précédente, les apports de profondeur sont intensément concrétionnés ou tachetés. Les zones tachetées apparaissent nettement être des altérations de granites ferruginisés : les taches bien affirmées, grandes, anastomosées, sont plutôt le résultat d'une hydromorphie et d'une intense ferrugination anciennes.

Dans cette série, il s'agit de taches d'hydromorphie actuelle, plus petites, mal délimitées souvent, ou de quelques concrétions.

Ces sols se différencient aussi des précédents par le fait qu'ils se développent essentiellement sur des apports de bas de pente. L'épaississement des apports est lié à la proximité des talwegs.

Bien souvent, la discontinuité n'apparaît pas morphologique entre apports superficiels et apports profonds.

Nous donnerons le profil VL 15 comme type de ces sols.

Profil VL 15

Situation : Sur la route de la Volta Blanche à Wayen (grande route de Ouagadougou à Zorgho), à moins de 100 mètres après la Volta à droite.
Zone plane dominant la Volta.

Description :

- 0 - 18 cm : Horizon gris ; faiblement humifère ; matière organique bien décomposée ; sableux à sablo-argileux ; structure non développée : gros débits polyédriques à cohésion assez forte, fine porosité tubulaire faible.
- 18 - 35 cm : Horizon de transition, beige ocre avec des nuances plus ocre vers le bas ; peut-être encore faiblement humifère ; sabloargileux ; horizon durci à structure très peu développée ; débits par plaques à cohésion forte ; quelques pores tubulaires.
- 35 - 89 cm : Horizon ocre ; non humifère ; argilosableux ; structure non développée ; horizon assez durci à débits au piochon par plaques à cohésion forte ; porosité tubulaire moyenne due aux termites ; présence de quelques fins gravillons ferrugineux et graviers de quartz.
- 89 - 150 cm : Horizon ocre plus clair à taches ocre-rouille nombreuses et quelques taches blanchâtres, identique par ailleurs au précédent, mais avec une texture plus argileuse ; horizon aussi durci sous le piochon mais ici les plaques détachées se résolvent en polyèdres grossiers à moyens ; porosité tubulaire assez développée ; quelques concrétions rouille, durcies, irrégulières à centre plus foncé ou noirâtre.

Ce profil apparaît typiquement être un sol ferrugineux tropical lessivé à taches et quelques concrétions à hydromorphie de profondeur, mais les courbes cumulatives des fractions sableuses montrent bien qu'il s'agit de deux familles de dépôts : les deux horizons superficiels ainsi que les deux horizons de profondeur tendent à se superposer en une courbe unique, avec une granulométrie plus fine et des indices de triage moins bons (2.4 et 2.3 contre 2.7 et 2.8) pour les apports superficiels.

La proportion des sables feldspathiques n'est pas significative d'une discontinuité : 26 % dans le VL 151, 28 % dans le VL 152, 26 % dans le VL 153 et 16 % dans le VL 154. Mais on constate une certaine discontinuité dans la taille et l'aspect des grains de sables (d'après J.M. WACKERMANN)

- VL 151 : Grains de quartz et de feldspaths de 0.8 à 1 mm en moyenne avec des grains atteignant 1.5 mm et un fond à petits cristaux de 0.06 mm environ. Grains moyennement fracturés - Traces de plagioclases.
- VL 152 : Grains de quartz et de feldspaths de 0.5 mm en moyenne, mosaïque atteignant 2 mm ; grains moyennement fracturés, plagioclases : traces à 1 %
- VL 153 : Grains de 1 mm en moyenne atteignant 1.6 mm.
- VL 154 : Peu fracturés ; quartz à inclusions brun rouge selon 3 plans ; traces de plagioclases.

Nous avons vu ce qu'il fallait penser de l'orientation des argiles dans ce sol. Les 4 horizons sont incontestablement des apports type probablement colluviaux-alluviaux : la grande majorité des grains sont très anguleux ; mais on trouve quelques uns parfaitement émoussés.

Au point de vue analytique, les résultats sont assez identiques à ceux d'un sol ferrugineux tropical lessivé en argile et en fer, cependant on retrouve la discontinuité des apports dans les taux d'argile et de fer : on passe de 10 % d'argile et de 18 % de fer total dans le deuxième horizon à 22 % d'argile et 30 % de fer total dans le 3ème horizon. La brusque accumulation de fer et d'argile ne se rencontre que dans les sols ferrugineux tropicaux hydromorphes où ces éléments fortement lessivés des horizons superficiels se déposent brutalement au niveau hydrostatique. Par ailleurs, on ne peut pas faire appel ici à l'ablation des horizons superficiels lessivés étant donné que l'ensemble des bassins versants montre une tendance au recouvrement, les phénomènes d'ablation étant très récents.

Le rapport fer libre sur fer total, relativement faible en surface (55 et 47 %) sans que l'on puisse incriminer les phénomènes d'hydromorphie augmente en profondeur où la tendance ne serait donc pas à l'immobilisation (78 % dans le 3ème horizon). Le concrétionnement du reste est de type hydromorphe : concrétions irrégulières ferromanganifères. Le complexe absorbant est relativement plus acide en surface, le taux de saturation se maintient en profondeur à des valeurs relativement correctes (60 à 75 %). Les caractéristiques physiques sont franchement très mauvaises.

Dans le profil VRN 26, la différenciation est encore plus nette entre les apports superficiels sableux et les apports de profondeur argilosableux.

Profil VRN 26

Situation : Piste de Nobéré à Bétaré, à 9.7 Km après Nobéré.
Zone plane à très faible pente.

Végétation : Savane arbustive à Bauhinia sp., Terminalia glaucescens (arborescents), Butyrospermum parkii, Isberlinia dalzielli.

Description :

- 0 - 16 cm : Horizon gris brunâtre - Humifère - Texture sableuse un peu argileuse à sables fins - Structure non développée - Horizon durci à cohésion forte - Porosité uniquement tubulaire assez bonne.
- 16 - 27 cm : Horizon brun gris clair - Humifère - Texture sableuse à sablo-argileuse à sables fins. - Horizon durci à structure non développée à tendance prismatique marquée par quelques fentes de dessiccation verticales traversant du reste tout le profil - Cohésion forte.
- 27 - 39 cm : Horizon beige à beige ocre à quelques nuances ocre parfois même quelques petites taches ocre plus nettes. Horizon irrégulier à rattacher tantôt à l'horizon précédent parce qu'encore humifère et de couleur brun gris très clair, tantôt non humifère et de couleur plutôt beige à beige ocre - Texture sableuse à sablo-argileuse à sables fins - Horizon durci à cohésion forte - Structure à tendance prismatique.
- 39 - 78 cm : horizon beige ocre à petites taches ocre mal délimitées et nombreuses - Texture argilosableuse - Structure non développée - Horizon durci à cohésion très forte - Porosité uniquement tubulaire fine à moyenne.
- 78 - 123cm : Horizon très bariolé à taches mal délimitées blanchâtres, ocre clair, beige ocre, gris foncé, marquant

très nettement les canalicules très nombreux donnant un aspect humifère - Texture argilosableuse - Structure non développée - Cohésion très forte - Porosité tubulaire moyenne - On note la présence de quelques rares concrétions rouille et ferromanganifères noires à pellicule rouille, bien individualisées, durcies, et de quelques petits gravillons ferrugineux.

123 - 132 cm : Horizon gris blanchâtre à nombreuses taches rouille franc à rouge ou à taches gris blanchâtre, rouille, rouille pâle, ocre très pâle, toutes très mal délimitées - Texture argilosableuse à trame sableuse paraissant plus grossière - structure peu développée à tendance prismatique - Cohésion très forte.

La texture passe brusquement de sableuse (à sablo-argileuse), c'est-à-dire même pas sablo-argileuse, à argilosableuse. Sur les courbes cumulatives, les deux horizons de surface analysés se superposent tandis que les horizons de profondeur à granulométrie de plus en plus grossière en profondeur ne se superposent plus. Les sables exclusivement quartzeux pour les horizons superficiels, paraissent à nette dominance feldspathique pour les horizons de profondeur.

La ségrégation ferrugineuse en profondeur est essentiellement de type hydromorphe (hydromorphie actuelle).

d) Sols à carapace ferrugineuse ou ferromanganifère

Dans les sols de cette série, les apports souvent moins épais que dans la série précédente reposent sur la carapace ancienne. Le profil VRK 45 représente le type de cette série.

Profil VRK 45

Situation : Piste ouverte à la boussole de Pounkouyan vers la Volta. Profil au km 10,3.
- Point de départ, 200 mètres après le profil VRK 34 sur la piste de Kampala à Pô.
- Angle de marche : 20°
Large zone plane.

Végétation : Anciennes jachères où les Butyrospermum parkii arborescents émergent d'une savane arbustive à Pteleopsis suberosa et Terminalia glaucescens.

Description :

0 - 15 cm : Horizon gris à net aspect hydromorphe avec des nuances bleutées - Humifère - Texture sableuse peu argileuse - Structure à nette tendance prismatique s'affirmant le long de fines fentes de dessiccation - Cohésion forte - Fine porosité tubulaire moyenne.

15 - 33 cm : Horizon brunâtre (beige ocre gris) - Humifère à matière organique de migration - Texture sableuse un peu plus argileuse que précédemment - Structure à tendance prismatique - Cohésion forte - Fine porosité tubulaire moyenne.

33 - 76 cm : Horizon ocre - Ne paraissant pas humifère - Argilo-sableux à argileux avec de gros grains de quartz visibles - Structure peu développée - Cohésion d'ensemble forte - Débit par plaques se réduisant en polyédres grossiers - Un petit morceau de granite altéré inclus - Porosité d'agrégats moyenne - Quelques concrétions ferromanganifères, plus nombreuses dans le bas de l'horizon.

76 - 120 cm : Carapace ferromanganifère à squelette rouille à taches noires avec des inclusions beige ocre ; tranche brutalement avec l'horizon précédent - Il comprend de nombreux cailloux de quartz dans le haut de l'horizon ; par endroits ces cailloux tendent à former une stone line à la limite des deux horizons - Induration moyenne - On y distingue de petites paillette de mica - Elle semble être le résultat de la ferrugination d'une altération de granite sous l'influence de la cuirasse ancienne disparue.

Nous voyons encore ici les apports sableux superficiels brutalement posés sur l'apport argilosableux de profondeur. Ce dernier affecté par les phénomènes d'hydromorphie induits par la carapace de profondeur, présente un début de concrétionnement. En surface, la tendance est nettement au mauvais drainage : aspect bleuté, structure à tendance prismatique.

La carapace ferromanganifère avec ses nombreux cailloux de quartz inclus essentiellement dans le haut est incontestablement le matériau dans lequel a été façonnée la surface d'érosion, et comme tel, elle a bénéficié des apports de solutions ferrugineuses provenant des cuirasses anciennes, c'est en surface une carapace de recimentation. Si les âges des apports du 4ème et du 3ème horizons sont différents, leur nature est assez voisine: la carapace ferrugineuse apparaît par sa fraction sableuse à dominance feldspathique avec de nombreuses paillettes de micas, être une arène granitique ferruginisée. Le 3ème horizon, s'il contient peu de gros cristaux de feldspaths, est riche en petits cristaux et apparaît ainsi provenir d'une altération de granite. Les apports superficiels, quoique contenant autant de feldspaths que le VRK 453, n'ont plus l'aspect d'arène granitique.

Les indices de triage des sables sont en profondeur: 1.65 - 1.79 - 1.87 - 2.1.

Les résultats analytiques font ressortir la discontinuité entre les apports sableux et l'apport argilosableux: on passe brutalement de 8-9 % d'argile, et de 18 ‰ de fer total à 31 % d'argile et 41 ‰ de fer total.

L'accumulation de matière organique est relativement élevée en surface pour ce type de sol: 1.8 %; et le C/N élevé aussi doit faire attribuer cette accumulation au mauvais drainage.

Le taux de matière organique peut être considéré comme élevé jusque dans le 3ème horizon (si on pense que nombre des sols ferrugineux tropicaux de la Haute Vallée du Niger ne font que 0.7 % de matière organique en surface). La pénétration humifère intéresse donc l'ensemble du profil, exceptée la carapace.

Le pH garde des valeurs correctes à travers l'ensemble du profil, plus élevé en surface, il s'abaisse en profondeur pour marquer ensuite, comme dans le VRP 1, une remontée sensible dans la carapace.

Ici, les caractéristiques physiques s'améliorent très nettement grâce à la dominance des sables grossiers: les valeurs de K sont assez bonnes (de l'ordre de 3 cm/heure).

L'indice d'instabilité structurale s'abaisse en surface (0.55), même en profondeur, il garde une valeur assez moyenne (1.5).

20. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse

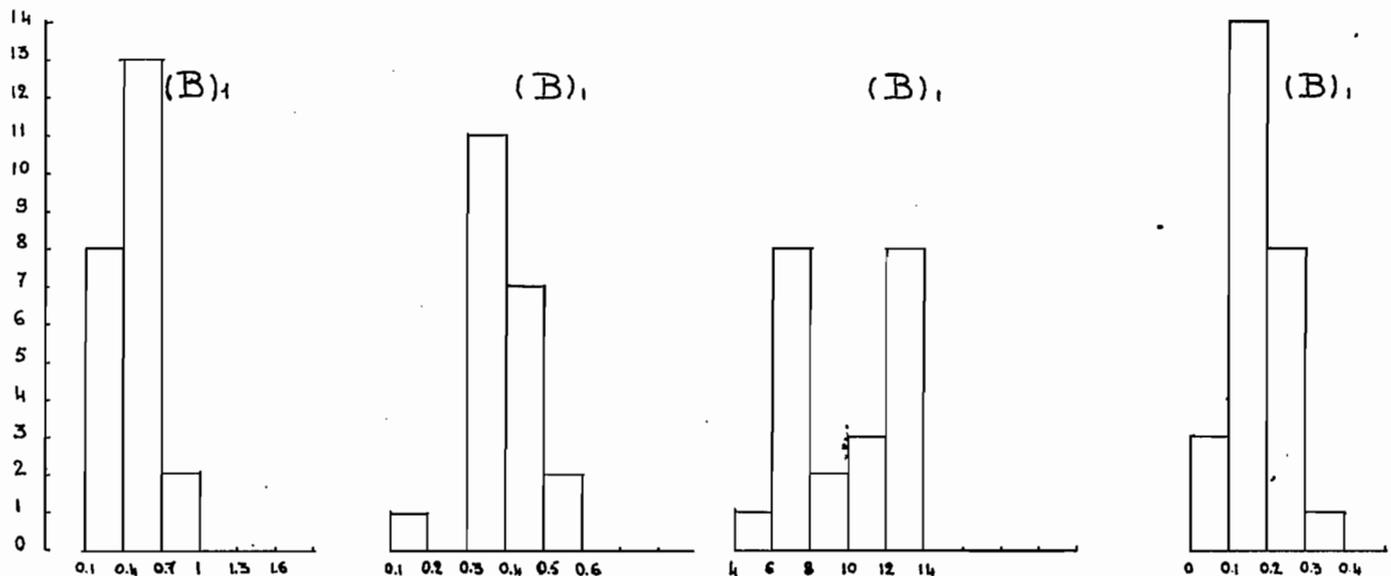
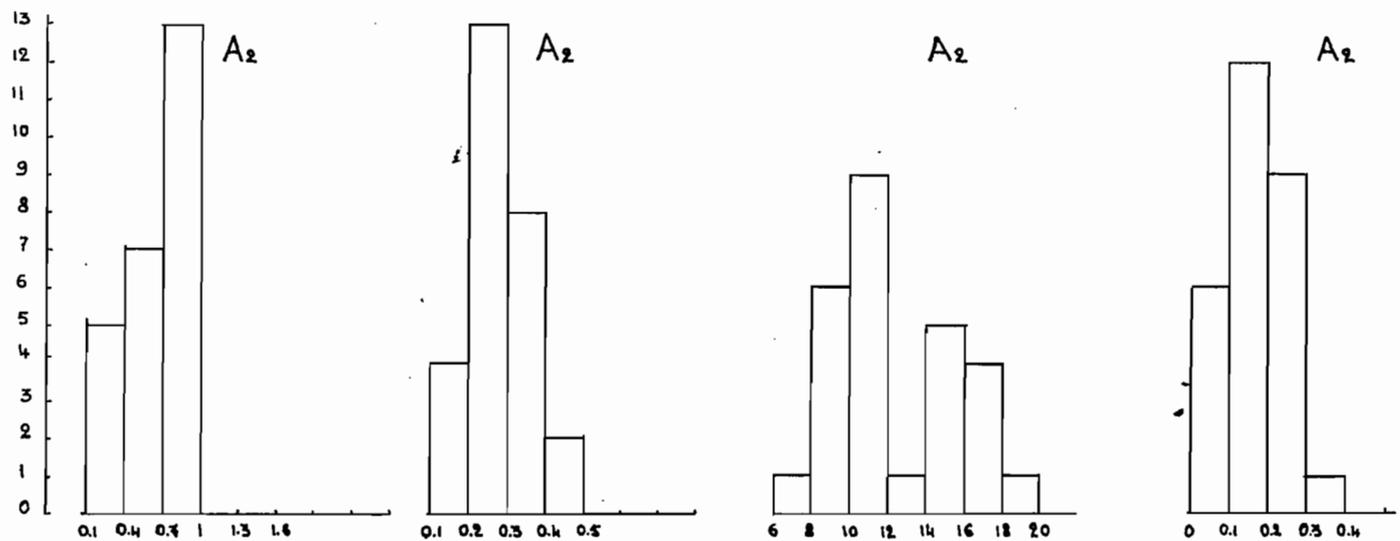
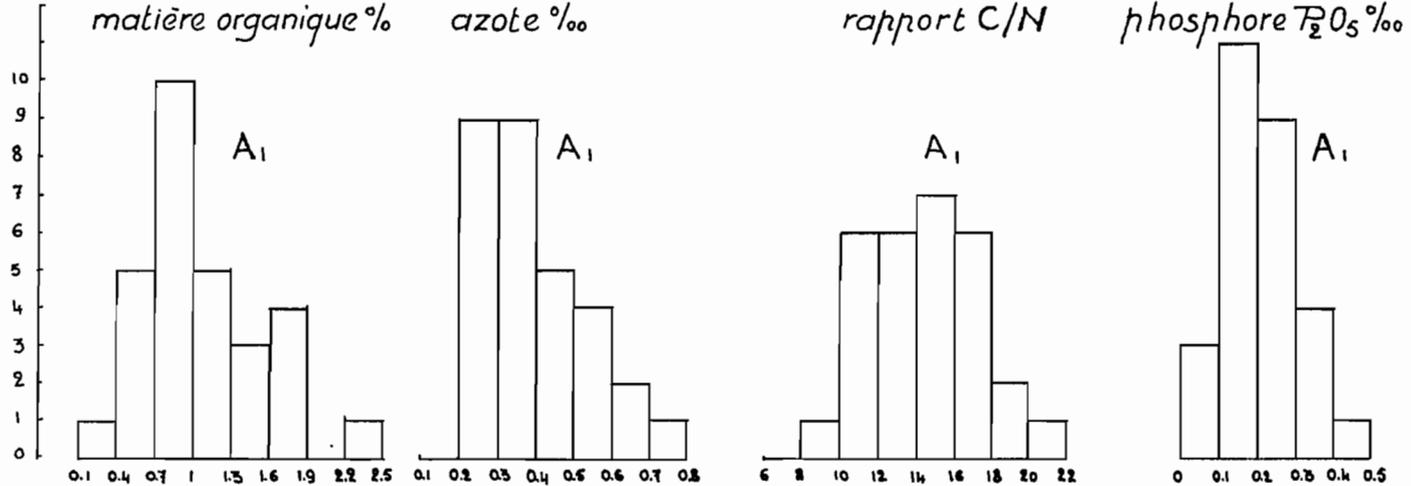
nombre
d'échantillons

matière organique %

azote ‰

rapport C/N

phosphore P_2O_5 ‰



e) Importance et répartition des groupes de séries

Les deux groupes de séries les plus importants sont d'abord les deux premiers, ensuite celui des sols à carapace ferrugineuse ou ferromanganifère.

Les sols à taches et quelques concrétions sont constitués surtout par des apports de bas de pente, on les rencontre aussi dans certaines zones planes à affleurements de granite.

f) Caractéristiques analytiques de ces sols

f.1- Evolution de la matière organique

Le graphique n° 20 montre la distribution de fréquences des rapports C/N.

Le rapport C/N présente des valeurs relativement élevées à travers les profils : la valeur moyenne est de 14 à 16 dans l'horizon superficiel A1, dans le deuxième horizon, le A2, la fréquence maximum se situe entre les valeurs 10 et 12, mais on retrouve un deuxième maximum autour de la valeur 16. Dans le troisième horizon, que nous avons appelé (B)1, on retrouve encore deux fréquences maxima : une autour de la valeur 7, et une autour de la valeur 13. La matière organique tend donc à être mal décomposée en surface, tandis qu'en profondeur, et dès l'horizon A2, il semble y avoir deux populations : une à matière organique bien décomposée, et une à matière organique à tendance mal décomposée. Nous retrouvons là une influence du mauvais drainage. Le taux d'humification montre en A1 et A2 une fréquence maximum pour la classe 13 à 19 %,- indiquant une humification relativement faible en accord avec la tendance peu évoluée de la matière organique,- tandis qu'il atteint en profondeur des valeurs témoignant d'une bonne humification, liées à la migration des composés humiques. Nous avons vu, en effet, que la pénétration humifère par migration était morphologiquement perceptible sur de nombreux profils et paraissait correspondre au remplissage des pores tubulaires.

f.2- Evolution minéralogique

Le tableau suivant donne les valeurs du rapport silice sur alumine pour un certain nombre de profils :

	431 0-17 cm	432 17-35 cm	433 35-63 cm	434 70-95 cm	435 103-125cm	436 140-150cm
VRK 43	2.22	2.10	2.21	2.12	2.13	2.10
	311 0-12 cm	312 12-26 cm	313 26-41 cm	314 48-75 cm	315 88-115cm	
VRK 31	2.41	1.68	1.70	2.22	2.05	
	321 0-13 cm	322 13-25 cm	323 25-42 cm	324 42-67 cm	325 67-86 cm	326 86-125cm
VRK 32	2.50	2.33	2.04	3.81	2.27	8.17
	11 0-12 cm	12 12-23 cm	13 23-36 cm	14 36-53 cm	15 53-76 cm	16 76-105cm
VRP 1	2.07	1.94	1.93	2.03	1.90	2.01
VRK 2			23 63-90 cm			
			2.23			
VRK 45				454 76-120cm		
				1.94		
	131 0-20 cm	132 20-39 cm	133 39-69 cm	134 69-113cm	135 113-148cm	
VRB 13	2.50	2.30	2.08	2.19	2.15	
	11	12	13	15	16	17
VR 1 Colline cuirassée tabulaire	2.23	2.16	2.03	2.35	1.96	2.11

Les résultats concernant les prélèvements VRK 312 et 313 du profil VRK 31 sont manifestement aberrants, il n'y a aucune raison pour que ces apports superficiels aient un rapport SiO_2/Al_2O_3 beaucoup plus bas que celui des matériaux environnants dont ils dérivent.

Le rapport SiO_2/Al_2O_3 est donc dans l'ensemble supérieur ou égal à 2, et les matériaux ne sont pas d'origine ferrallitique. On voit d'ailleurs que les altérations anciennes dans lesquelles

a été entaillée la surface d'érosion: VRK 16, VRK 314 et 315, VRK 325 et 326, VRK 454, VRB 135, VR 11, 12, 13, 15, 16 et 17: et qui sont les témoins du passé dont dérivent les matériaux de recouvrements, ont des rapports SiO₂/Al₂O₃ supérieurs ou égaux à 2.

Les analyses d'argiles sont reportées sur le tableau ci-dessous:

		Kaolinite	Illite - Mica altéré
VRP	11	100	Traces
	12	100	Traces
	13	100	Traces
	14	100	Traces
	15	100	Traces
	16	100	Traces
VRK	311	100	Traces
	312	100	Traces
	313	100	Traces
	314	100	Traces
	315	100	Traces
VRP	645	100	Traces
VRK	23	100	Traces Présence de fer non cris- tallisé.

Comme le font remarquer G. MILLOT et H. PAQUET dans leurs observations, on ne constate aucune évolution dans toute l'épaisseur des profils VRP 11 et VRK 31, ils notent seulement que les pics de diffractions sont très intenses pour les deux échantillons de la base des profils. Ils considèrent que cette diminution de la hauteur des pics (qui restent cependant aigus comme lorsqu'ils caractérisent un matériel bien cristallisé), laisse à penser que la proportion de la kaolinite baisse vis-à-vis d'un contexte plus riche en substances amorphes ou non cristallisées. Ils ne pensent pas, à moins d'études complémentaires, que la cristallinité de la kaolinite diminue. Cette apparition de produits amorphes en surface peut être probablement considérée comme un indice de moindre évolution par rapport aux horizons de profondeur.

D'autre part, le fait que les horizons de profondeur truffés de sables feldspathiques soient moins riches en produits amorphes que les apports, prouve que ce sont des altérations anciennes.

Dans le prélèvement VRK 23, qui est une carapace friable essentiellement constituée de concrétions, la kaolinite, mal cristallisée, semble indiquer une moindre évolution, il s'agit donc d'une carapace formée sur une altération de granite actuelle à sub-actuelle où le concrétionnement intense est dû à la richesse du faciès en fer.

La présence exclusive de kaolinite dans les fractions argileuses semble être bien un héritage de conditions d'altération ancienne (cependant peu poussée), mais il ne faut pas oublier qu'elle est aussi en équilibre avec les conditions d'altération actuelle qui sont celles du milieu ferrugineux tropical lessivé.

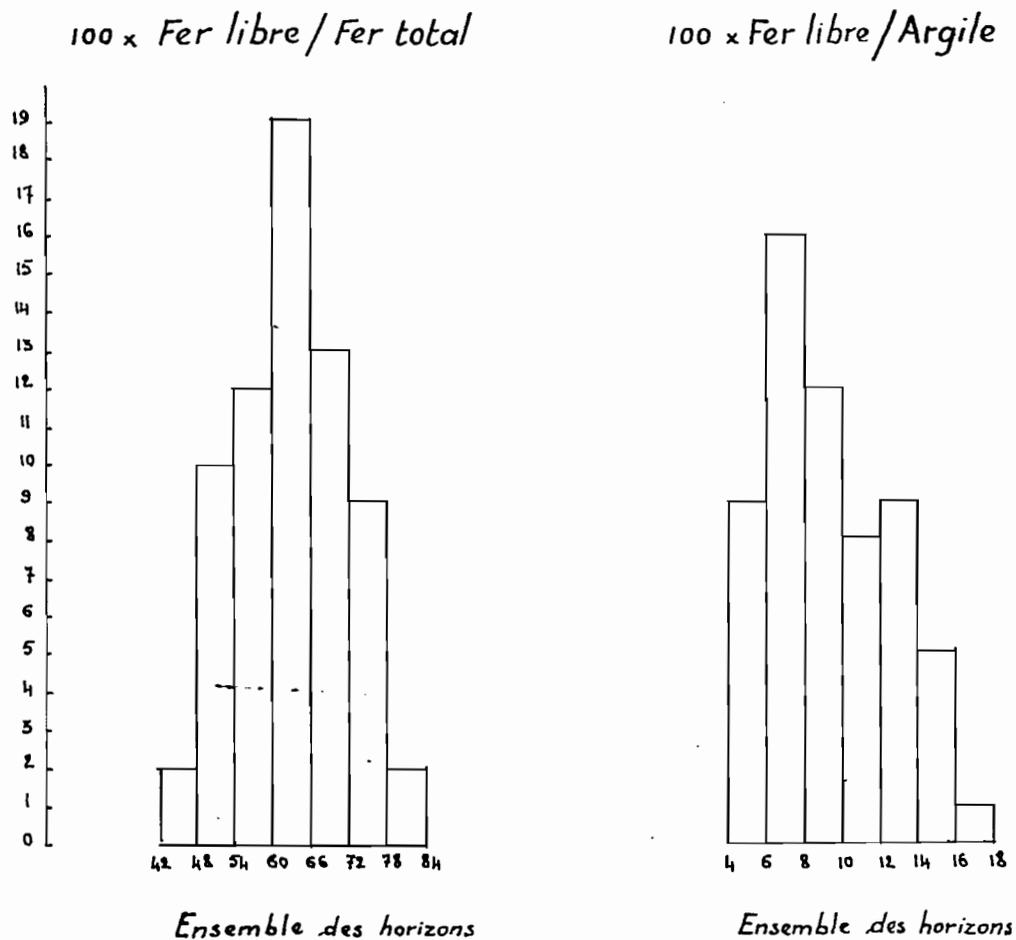
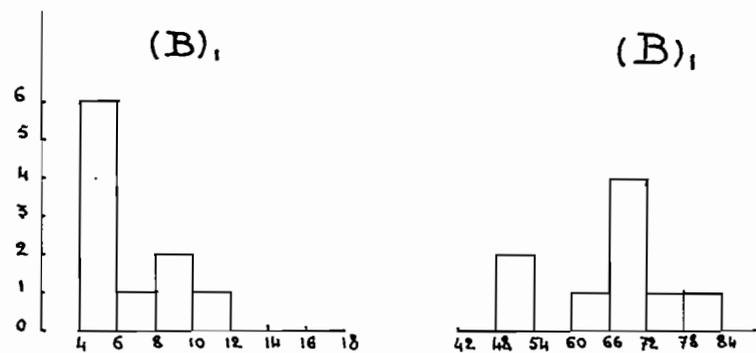
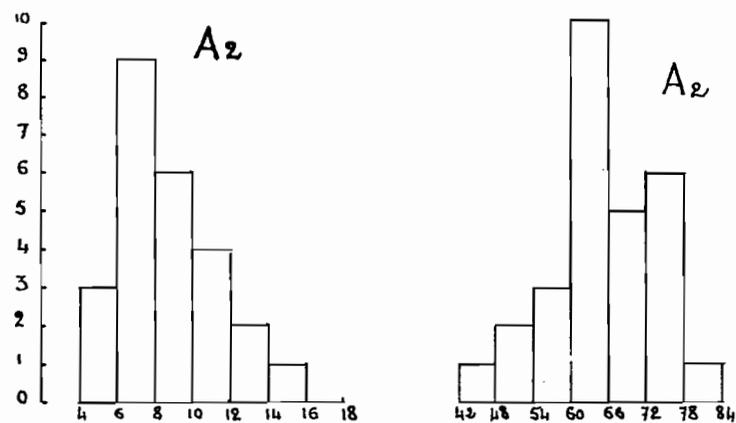
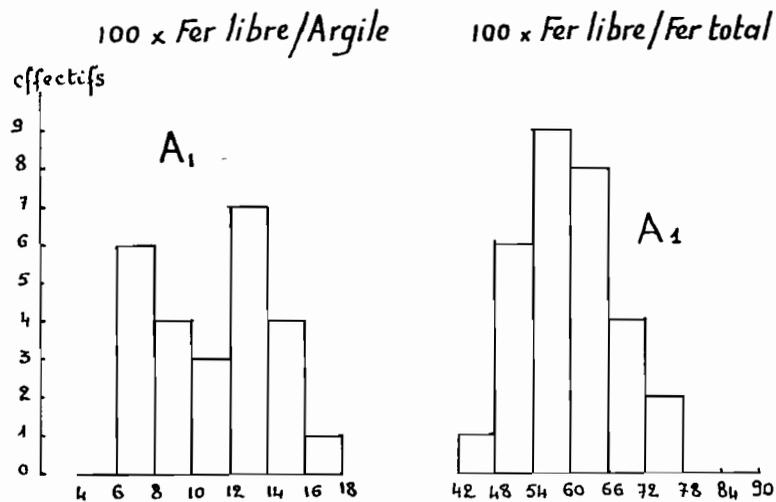
f.3- Individualisation des hydroxydes de fer et de manganèse

Nous avons vu qu'en profondeur, l'individualisation, puis la ségrégation du fer et du manganèse avait des caractéristiques essentiellement hydromorphes.

Le graphique N°21 donne le rapport fer libre sur fer total, et le rapport fer libre sur argile des horizons sans ségrégation ferrugineuse prononcée. Le rapport fer libre sur fer total augmente en profondeur, on pourrait donc penser à un enrichissement des horizons profonds en fer libre, mais le rapport fer libre sur argile diminue très nettement en profondeur où ses valeurs correspondant à la fréquence maximum sont de 4 à 6 %, c'est-à-dire à peine la moitié du chiffre de 12 % que donnent FRIPIAT & GASTUCHE (20) pour la saturation des surfaces spécifiques des combinaisons fer - kaolinite dans les complexes ordonnés. Ce très faible rapport fer libre sur argile dans un milieu environnant riche en fer à très forte individualisation et dans des horizons argileux doit être considéré comme une conséquence de la dynamique du fer en milieu mal drainé : le fer n'a pas tendance à se fixer sur la kaolinite. Signalons cependant que dans certaines conditions d'hydromorphie bien déterminées, et sur matériaux argileux, il semble que le fer se fixe sur les argiles pour la réalisation de structure moyenne à petite, à stabilité variable (voir sols hydromorphes à structure moyenne à petite).

21. Pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse

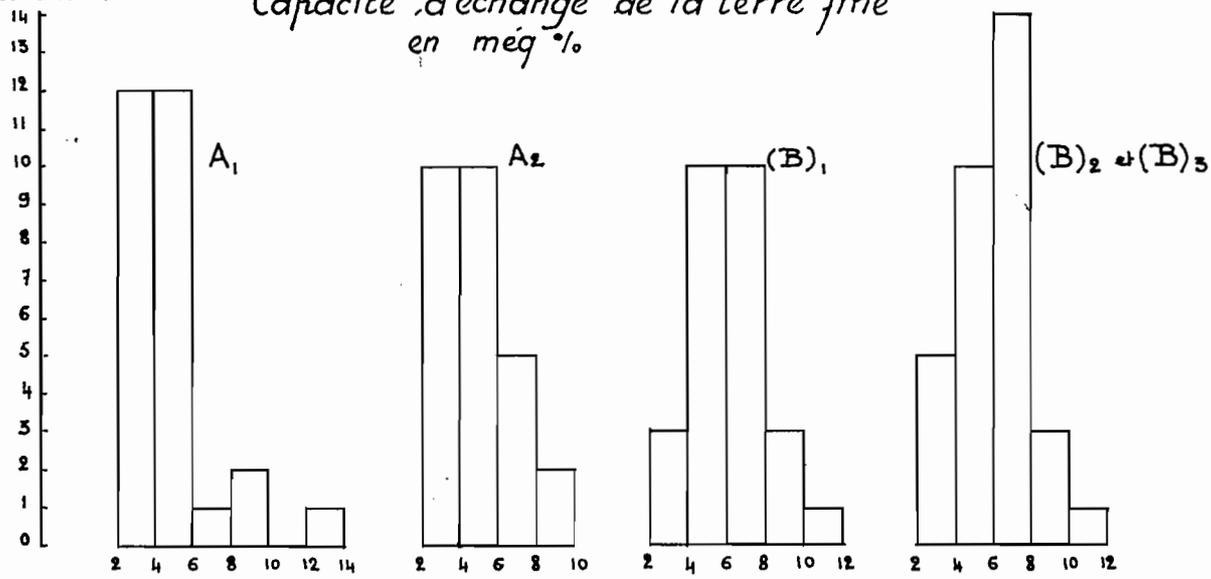
Fer



22. Pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse

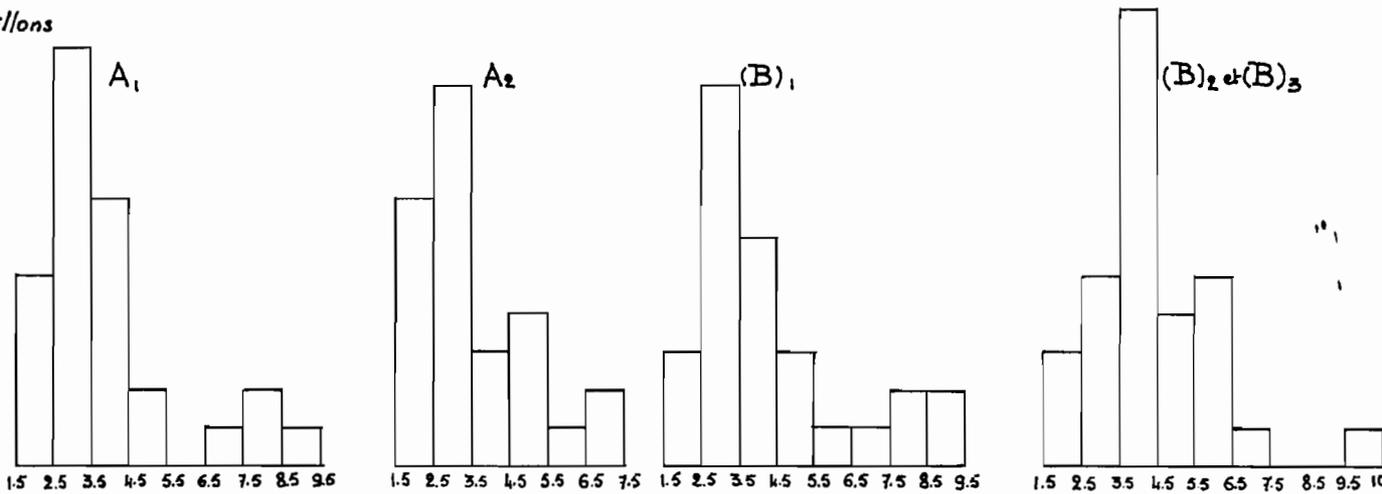
nombre
d'échantillons

Capacité d'échange de la terre fine
en még. %



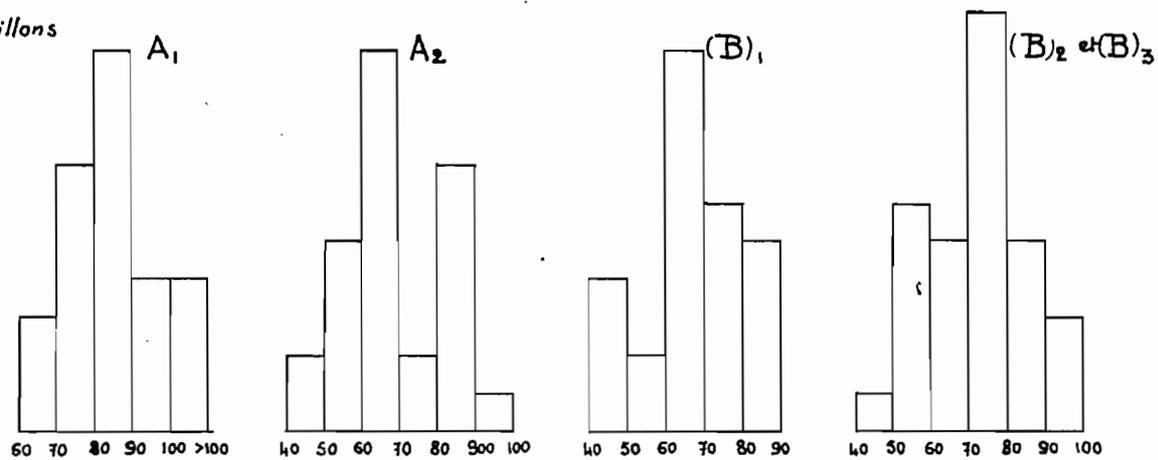
Bases échangeables még. %

nombre
d'échantillons



Taux de saturation en %

nombre
d'échantillons



Dans les horizons A1 et A2, la matière organique intervient probablement pour maintenir des rapports fer libre sur argile élevés - bien que nous n'ayons trouvé aucune relation entre la matière organique et les teneurs en fer libre.

Au point de vue absolu, les quantités de fer libre et de fer total - liées aux teneurs en argile, aux phénomènes de ferrugination ancienne et à la présence de matériaux granitiques - augmentent en profondeur comme dans un sol ferrugineux tropical lessivé.

L'utilisation du rapport fer libre sur fer total comme indice d'évolution dans les vieilles pénéplaines africaines où les matériaux originels ont subi des pédogénèses anciennes souvent plus poussées que la pédogénèse actuelle, est délicate sinon impossible. Il en est de même ici de l'utilisation des quantités de fer libre et de fer total à cause de la nature polyphasée des matériaux.

f.4- Le complexe absorbant (graphique n° 22)

-Minéralogie du complexe absorbant minéral

Les analyses minéralogiques présentées au paragraphe de l'évolution minéralogique montrent que le complexe absorbant minéral est exclusivement constitué de kaolinite avec seulement des traces de mica. Nous n'avons pas calculé ici la valeur de la capacité d'échange des argiles parce que la capacité d'échange de la terre est faible donc entachée d'erreurs relatives plus grandes.

Le graphique n°22 donne les capacités d'échange de la terre fine dans les horizons successifs A1, A2, (B)1 et (B)2 + (B)3. Malgré l'influence de la matière organique - à laquelle elle est essentiellement liée en A1 et A2 - la capacité d'échange reste faible en surface : 2 à 6 méq pour 100g en A1 et A2, elle augmente nettement avec la profondeur, -traduisant l'augmentation du taux d'argile - mais se maintient à des valeurs encore faibles : 4 à 8 méq pour 100 g en C1 et en C2 + C3. Ces faibles valeurs de la capacité d'échange sont en accord avec la nature exclusivement kaolinitique des argiles.

-Chimisme du complexe absorbant

L'évolution du pH n'est pas tout à fait celle de sols ferrugineux tropicaux lessivés :

- en A1, le pH se maintient comme dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés et sous l'influence des

végétaux à des valeurs faiblement acides : 6 à 6.5. On note ici, cependant, une assez forte fréquence pour les valeurs de pH comprises en 6.5 et 7. Les horizons de surface peuvent donc être considérés comme faiblement acides à neutres pH 6 à 7. Corrélativement, le complexe absorbant est proche de la saturation, ou saturé, quelques échantillons seulement ont un V inférieur à 70 %, la fréquence maximum se trouve dans la classe 80 à 90 %, indiquant une très bonne saturation du complexe absorbant.

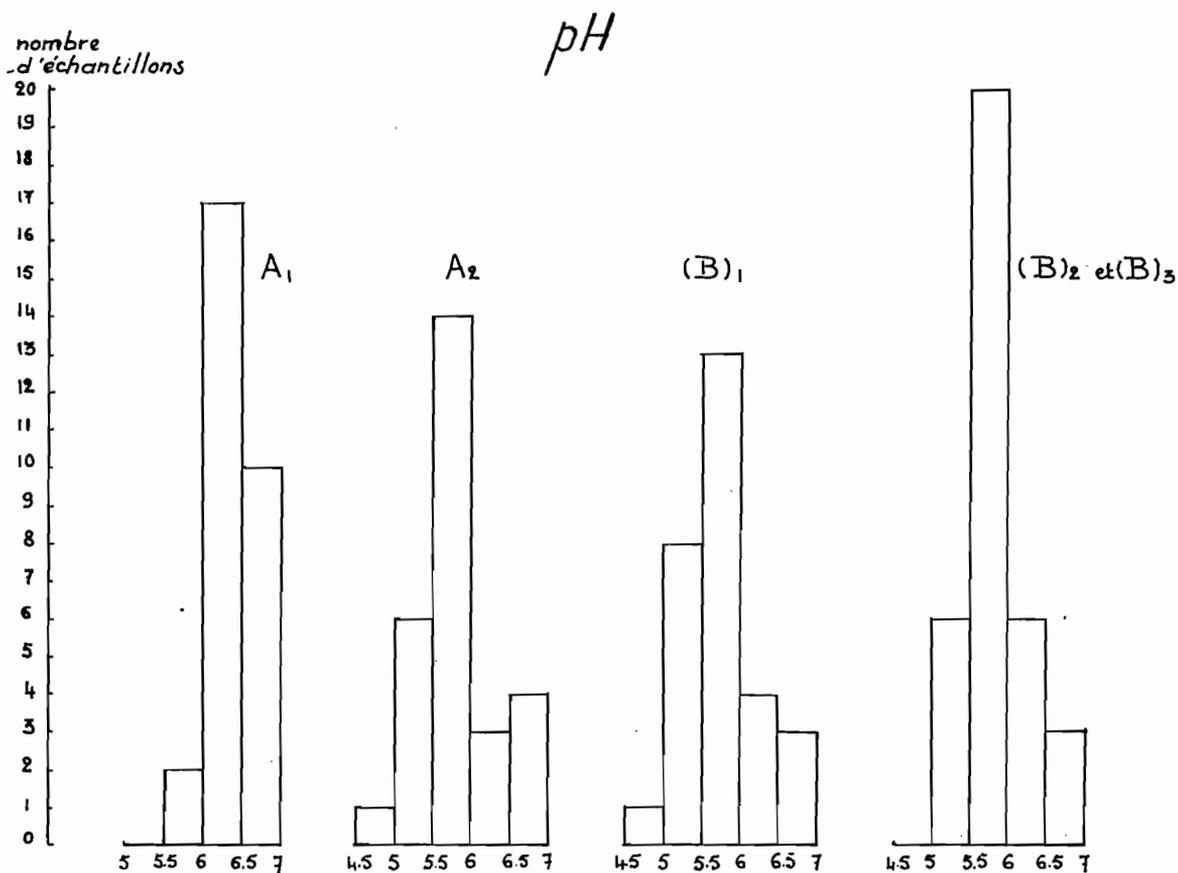
- En A2, le pH s'abaisse dans l'ensemble, la fréquence maximum élevée se trouve dans la classe 5.5 à 6, c'est-à-dire une unité pH plus bas que dans les horizons A1, mais un certain nombre d'horizons n'accusent pas cette baisse, et 25 % des échantillons ont encore un pH compris entre 6 et 7.

Mais la différence essentielle avec les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions est que le A2 n'est pas plus acide que les horizons de profondeur. En effet, la distribution des pH dans les horizons A2 se maintient en profondeur dans les horizons que nous avons appelés (B). On constate seulement parfois une nette remontée du pH dans certaines altérations de granite rétablissant celui-ci à sa valeur ou presque à sa valeur dans l'horizon A1 (profils VRB 13, VRK 45, VRK 31, VN 62, V 24), ou même à une valeur supérieure à cette dernière (profil VRP 1), ce qui n'est pas une caractéristique ferrugineuse tropicale lessivée à concrétions. En effet, dans ces derniers sols, les horizons B peuvent accuser une certaine remontée du pH, mais celui-ci reste bien inférieur à sa valeur en A1.

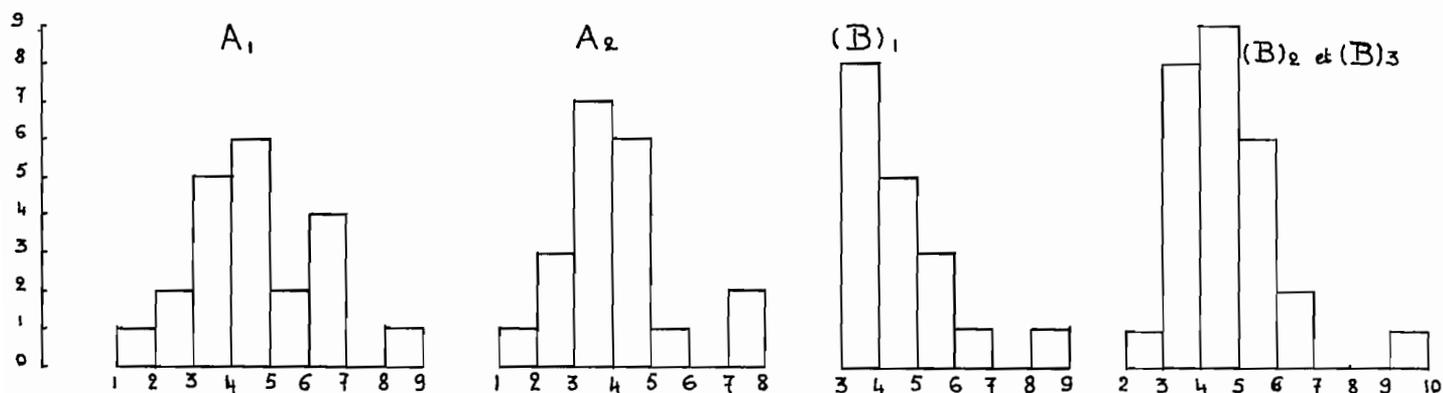
Dans certains de nos profils, le pH se maintient même pratiquement constant et à des valeurs quasi-neutres sur l'ensemble du profil (profil VO 4 où il oscille entre 6.8 et 6.7 ; et VY 51 où il oscille entre 6.5 et 6.7).

Les taux de saturation gardent sensiblement la même distribution en A2 et en C1 : la fréquence maximum élevée se situe dans la classe 60 à 70 % indiquant un complexe absorbant encore assez bien saturé. Ils marquent une certaine amélioration en (B)2 + (B)3, la fréquence maximum se déplace dans la classe 70 à 80 %, mais cette différence n'est pas en accord avec le pH et n'est pas tellement significative en elle-même. En effet, les valeurs supérieures à 80 % sont, même relativement, plus nombreuses en A2 qu'en (B)2 + (B)3.

25. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse

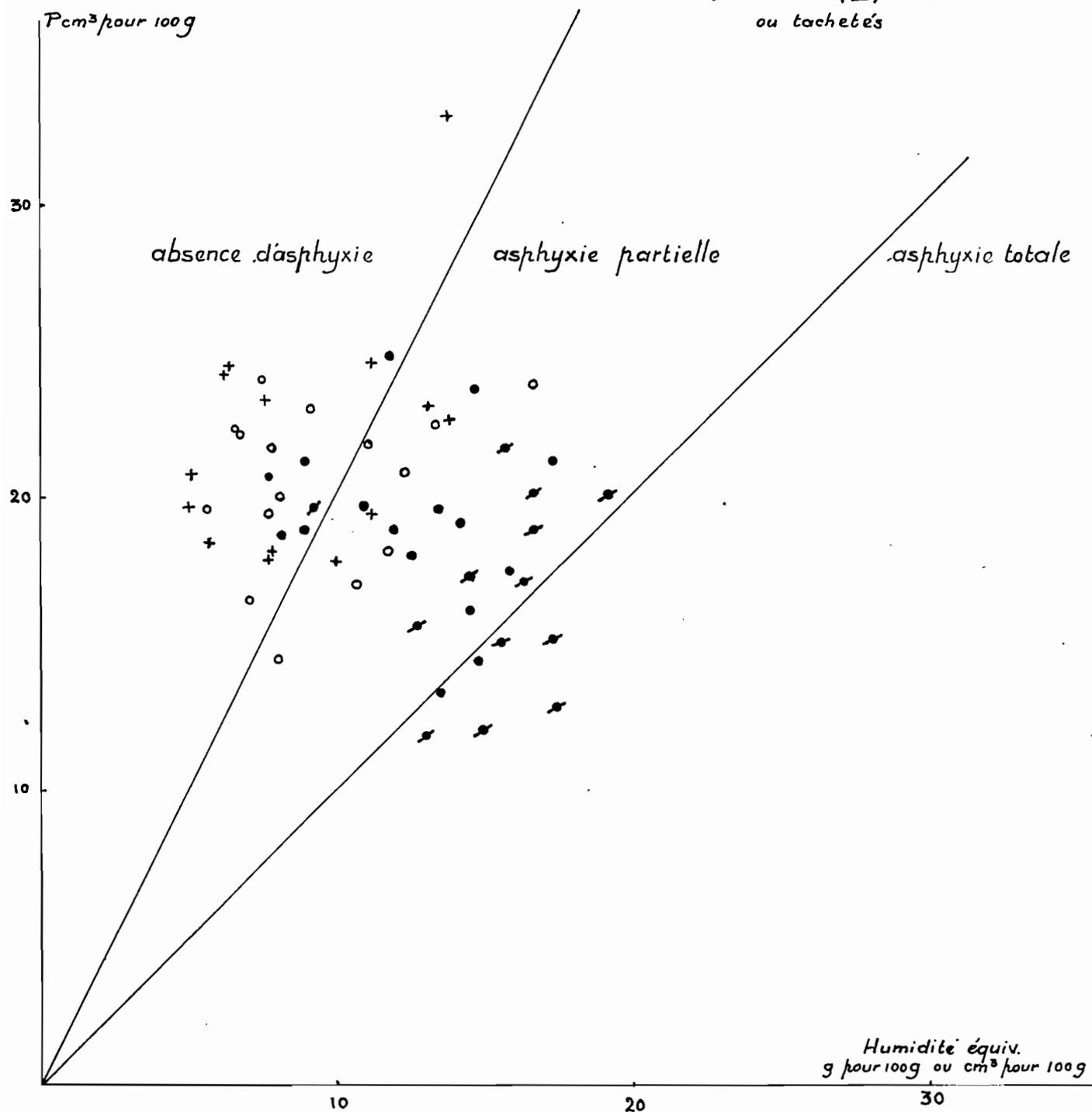


Eau utile en g pour 100g

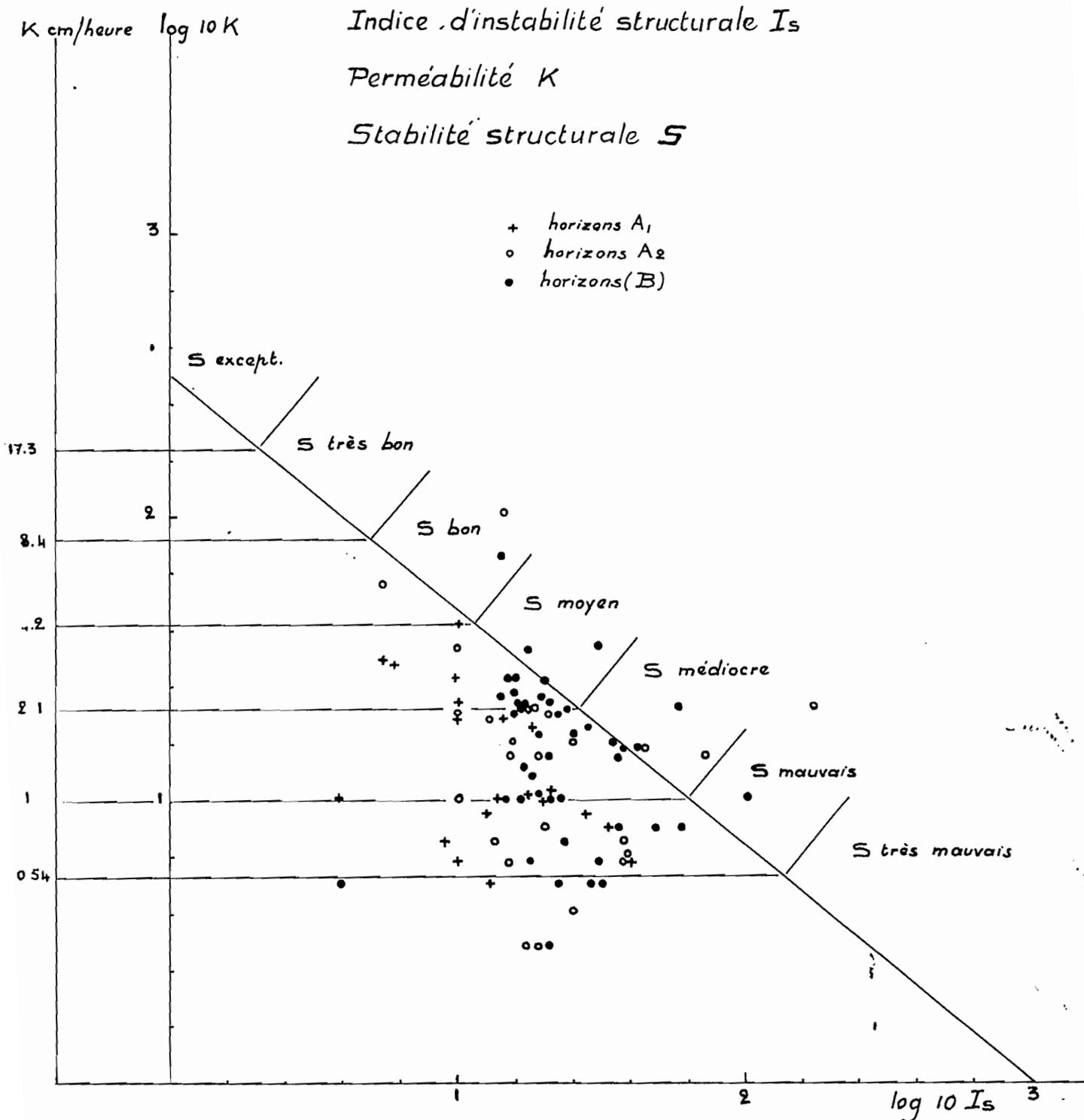


23. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse

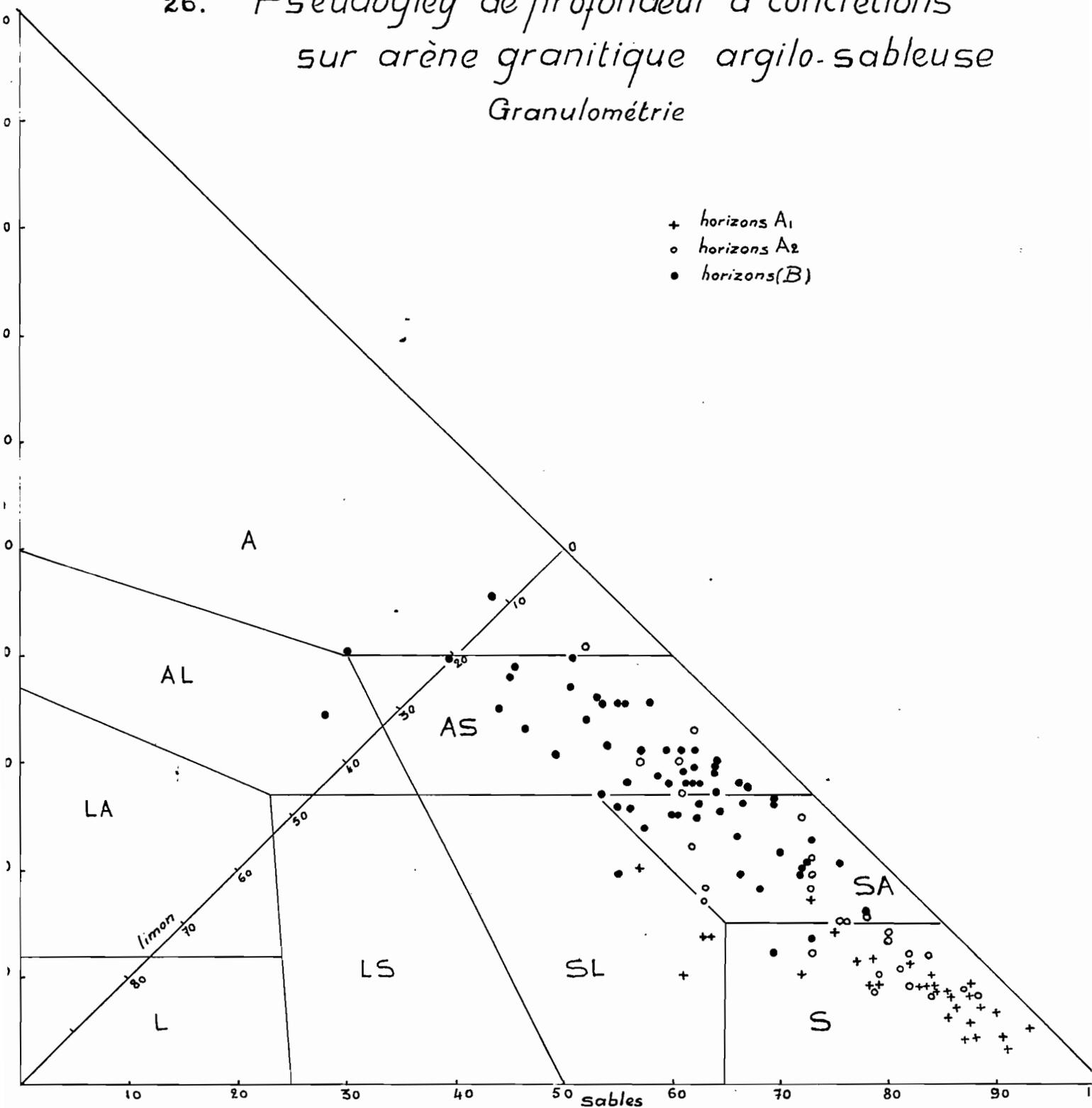
- + horizons A₁
- o horizons A₂
- horizons (B)
- ✱ horizons (B) concrétionnés
ou tachetés



24. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse



26. *Pseudogley de profondeur à concrétions*
sur arène granitique argilo-sableuse
Granulométrie



En conclusion, nous admettrons que la distribution des taux de saturation est sensiblement la même en A2, (B)1, (B)2 + (B)3, et que le complexe absorbant reste encore assez bien saturé en profondeur.

f.5- Les caractéristiques structurales

-La porosité (graphique n° 23)

Dans l'ensemble des horizons A1 et A2, la macroporosité peut être considérée comme très bonne, l'ensemble des points se situe dans zone sans asphyxie et bien au-delà de la zone d'asphyxie partielle.

Quant aux horizons de profondeur, ils se divisent en 2 groupes :

- Le groupe concrétionné soumis aux phénomènes d'hydromorphie de façon plus intense, possède une macroporosité faible avec des points se situant dans la zone d'asphyxie partielle ou à la limite de cette zone.
- Le groupe non concrétionné qui ne se distingue pas des horizons A1 et A2 et possède une bonne macroporosité.

La diminution de la macroporosité est donc liée non à un phénomène d'accumulation d'argile qui colmaterait les pores, mais au phénomène d'engorgement.

Cette identité de comportement des horizons de profondeur argileux non concrétionnés et des horizons de surface est une caractéristique qui pourrait exclure ces sols du groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés.

-La stabilité structurale (graphique n° 24)

Au point de vue indice d'instabilité structurale HENIN, l'ensemble des résultats de surface et de profondeur est très groupé et la presque totalité des Is sont compris entre 1 et 1.45 (log de 10 Is compris entre 1 et 1.6). Ces valeurs indiquent une stabilité structurale moyenne.

Mais la perméabilité est beaucoup plus dispersée et s'étale en gros de 0.5 cm/heure (valeur très faible) à 4.2cm/heure

(valeur bonne), ce qui étale aussi la stabilité structurale DABIN qui dépend ici essentiellement de la perméabilité et qui va de bonne à très mauvaise.

Il n'y a pas de distinction bien nette entre horizons de surface et horizons de profondeur.

4.2.2- Recouvrements sableux

Ces sols sont loin d'avoir l'importance des précédents. Les apports sableux représentant la dernière phase, ces sols correspondent très probablement aux zones à comblement, essentiellement récent.

a) Sols à carapace ancienne en profondeur

Le profil type est représenté par le VRK 13

Profil VRK 13

- Situation : Sur la piste de Kampala à Yô, au Km 1.2.
Plaine mollement ondulée où les pentes sont de l'ordre de 1 à 2 %, où les affleurements de cuirasse sont nombreux.
Ici, nous sommes dans une zone sableuse en surface.
- Végétation : Savane parc à Butyrospermum parkii, essentiellement. Dans la strate arbustive, quelques Acacia indéterminés. La strate herbacée est à base d'Andropogon gayanus
- Description :
- 0 - 17 cm : Horizon gris devenant brun vers le bas. - Humifère à matière organique bien décomposée - Texture sableuse un peu argileuse à sable de trame moyenne - Structure à tendance prismatique peu développée - Cohésion moyenne - Porosité tubulaire moyenne par endroits, bonne par ailleurs. Quelques gros cailloux de quartz.

- 17 - 37 cm : Horizon brun clair (beige-ocre grisâtre) - Encore humifère - Matière organique de migration - Structure à tendance prismatique peu développée - Cohésion assez forte - Porosité tubulaire fine à moyenne - On remarque dans cet horizon des nuances plus ocre et des nuances plus grises et une ségrégation diffuse du fer (donc horizon mal drainé) - La texture est identique à celle de l'horizon précédent - La couleur passe très progressivement à l'horizon suivant - On trouve quelques cailloux de quartz.
- 37 - 55 cm : Horizon ocre beige avec des nuances plus claires de type beige, paraissant plus légèrement brunâtre dans le haut - Texture sableuse un peu argileuse, mais ici, la trame de sable est grossière - Bonne porosité tubulaire - Cet horizon reste parfois sur un ton brunâtre jusque dans le bas - Structure à tendance prismatique peu développée - Cohésion forte pour les parties ocre beige et assez forte pour les parties encore brunâtre - Semble reposer sur une stone line discontinue de cailloux de quartz.
- 55 - 90 cm : Horizon à intense concrétionnement ; concrétions irrégulières rouille à brun-rouille au centre brun noirâtre (ferromanganifères) ; incluant une terre beige ocre sabloargileuse, mais le plus souvent, c'est une carapace ferromanganifères, rouille à taches noires, à inclusions beiges où l'on reconnaît quelques paillettes de mica, quelques petits cristaux de feldspaths ; on y reconnaît quelques très grosses concrétions qui sont des morceaux de granite peu altérés à l'intérieur, ferruginisés à l'extérieur - Horizon à induration assez forte. Contient de nombreux cailloux de quartz qui sont en réalité concentrés à la base du 3ème horizon et dans le haut de la carapace (les 5 premiers centimètres environ, après lesquels on ne les retrouve plus).

La carapace est le matériau dans lequel la surface d'érosion a été façonnée, c'est une altération de granite un peu remanié en surface à concrétionnement d'origine hydromorphe. Cette hydromorphie est d'origine ancienne et c'est une carapace autrefois sous-jacente à la cuirasse ancienne. En effet, il est difficile de concevoir que la carapace ait été formée après la mise en place des matériaux sableux, on aurait eu, au moins, un début de ségrégation plus intense (taches

et concrétions) à la base du 3ème horizon. Du reste, les cailloux de quartz marquent très nettement ici la surface d'érosion sur laquelle ont eu lieu les apports sableux.

Le profil est mal drainé sur son ensemble mauvais drainage qui se manifeste par la structure à tendance prismatique, la tendance à la ségrégation ferrugineuse, la pénétration humifère morphologiquement perceptible jusqu'au contact avec la carapace.

Interprétation analytique

Il y a certainement une erreur accidentelle sur le taux de matière organique en surface. Le taux de matière organique s'élève de façon inexplicable dans la carapace.

La diminution des teneurs en argile en surface doit être due, soit à des apports récents plus sableux en surface (présence de quelques gros cailloux de quartz), soit à des phénomènes de lessivage superficiel des colloïdes qui intéresserait aussi le 2ème horizon. Cependant, les teneurs en fer total sont quasiment identiques dans les trois horizons, il est donc difficile d'évoquer le lessivage oblique, nous avons donc très probablement des apports polyphasés.

Le rapport fer libre sur fer total augmente en profondeur, il passe d'une valeur moyenne : 57 %, à une valeur forte : 75 %, on ne peut donc pas parler de tendance à l'immobilisation en profondeur.

Le complexe absorbant en accord avec le pH, reste proche de la saturation sur l'ensemble du profil.

La différenciation en horizon A1 (0-17 cm), A2 (17-37 cm) et C (B) (37 à 55 cm) nous fait considérer les apports superficiels comme peu évolués, intergrades vers les sols ferrugineux.

Le 3ème horizon à forte individualisation des hydroxydes peut être considéré comme un C (B).

La perméabilité, bonne en surface : 5.7 cm/heure, passe à une valeur à peine moyenne en profondeur : 1.8 cm/heure, mais c'est surtout l'indice d'instabilité structurale qui subit de fortes variations avec la profondeur. Le faible pourcentage d'argile + limon en surface, lié à une forte proportion de sables grossiers, le maintient à une valeur correspondant à une assez bonne stabilité structurale, tandis que la faible augmentation de la somme argile + limon en profondeur, le

fait passer à une valeur correspondant à une stabilité structurale franchement mauvaise.

L'apparence de lessivage qui subsistait dans le profil VRK 13 disparaît dans le VRB 35.

Profil VRB 35

- Situation : Au Km 14.5 sur la piste boussole 296° de la Volta Rouge, vers Gbcin, départ du profil VRB 29 qui est l'aboutissement sur la Volta Rouge de la piste boussole 66° Bacuiga Volta Rouge.
- Végétation : Très caractéristique de cette zone, c'est la savane arborée à arborescente à Burkea africana et Detarium microcarpum.
- Description :
- 0 - 17 cm : Horizon gris humifère - Texture sableuse un peu argileuse à sables fins - Structure peu développée à tendance prismatique - Cohésion forte - Bonne porosité tubulaire.
- 17 - 30 cm : Horizon beige gris - Humifère à matière organique de migration - Texture sableuse un peu argileuse à trame de sables moyenne - Structure peu développée à tendance prismatique - Cohésion forte - Porosité tubulaire plus fine, moyenne.
- 30 - 57 cm : Horizon beige, peu ou pas humifère, avec quelques taches ocre pâle, très peu nombreuses - Texture sableuse un peu argileuse à trame de sable moyenne - Structure peu développée à tendance prismatique - Cohésion forte - quelques gros cailloux à la base de cet horizon.
- 57 - 130 cm : Horizon rouge commençant par des concrétions rouille bien individualisées et durcies, sur une épaisseur de 5 à 10 cm ; puis carapace ferrugineuse rouge à rouge sombre quand elle n'a pas séché à l'air.

La texture reste identique de 0 à 57 cm, on constate cependant, par la différence dans la trame des sables, que le premier horizon est un apport plus récent distinct.

La tendance au mauvais drainage subsiste mais plus atténuée que précédemment en surface, elle ne se renforce dans le 3ème horizon avec un début de ségrégation ferrugineuse, que sous l'action de la carapace.

Les 10 premiers centimètres de concrétionnement au-dessus de la carapace doivent être considérés comme un produit de remaniement de la carapace et non comme un néoconcrétionnement en place.

La pénétration humifère en profondeur, moins perceptible morphologiquement, est nette au point de vue analytique.

Le rapport fer libre sur fer total augmente comme précédemment de la surface vers la profondeur, les teneurs en fer total restent identiques de 0 à 57 cm.

Le complexe absorbant est cependant beaucoup plus désaturé et le pH suit cette baisse de saturation.

5.- Famille sur alluvions sabloargileuses à argilosableuses

Nous avons groupé dans cette famille des matériaux sabloargileux à argilosableux constituant des lambeaux de plaines alluviales ou des bourrelets alluviaux bien différenciés. Ils peuvent reposer sur des produits grossiers (gravillons ferrugineux, graviers de quartz ...). Ils sont parfois plus ou moins colluviaux et se rapprochent alors beaucoup des arènes granitiques de bas de pente de la famille précédente, ces dernières ayant été maintenues dans cette famille surtout pour des raisons de cartographie.

Le mauvais drainage peut se manifester soit sur l'ensemble du profil, (il est cependant surtout prononcé en profondeur) ou seulement en profondeur.

a) Sols bien drainés en surface

Profil V 12

- Situation : Piste Volta-Noungou (partant de la route Ouagadougou-Kaya avant le pont sur la Volta).
Plaine alluviale coupée par des talwegs secondaires drainant vers la Volta.
Zone plane à pente légère vers l'Est.
Aspect de la surface du sol battant.
- Végétation : Savane arbustive à Acacia gourmensis, Combretum glutinosum, Acacia seyal d'où émergent quelques arbres : des Bombax costatum. Strate herbacée à base d'Andropogon gayanus par touffes à aspect exhaussé.
- Description :
- 0 - 22 cm : Horizon brun grisâtre E 63 ; humifère - Texture sablo-limono faiblement argileuse à sables très fins.
Structure très peu développée : débits par éclats à cohésion moyenne se réduisant en particulaire - En surface, une fine lamelle de battance - Structure à tendance nuciforme autour des racines.
Fine porosité tubulaire moyenne - Porosité d'agrégats faible - Présence de quelques gravillons ferrugineux.
- 22 - 45 cm : Horizon brun-rougeâtre E 64 - Encore humifère à matière organique de migration - Texture sabloargileuse à sables très fins - Structure peu développée : débits au picchon par éclats aplatis à cohésion généralement moyenne à faible, se réduisant en particulaire et en polyèdres plus fins - Présence de nombreux et fins agrégats micro-grenus donnant une assez bonne porosité d'agrégats.
- 45 - 68 cm : Horizon rouge-jaune E 58 - non humifère - sabloargileux plus argileux que précédemment à sables très fins - Structure peu développée : débit au picchon par gros éclats polyédriques à cohésion moyenne se réduisant en polyèdres moyens à cohésion moyenne à faible - Présence de quelques concrétions ? ferrugineuses très durcies

- 68 - 103 cm : Horizon ocre jauné D 56 - Texture et structure identiques à celles du précédent - Cohésion cependant plus forte que précédemment - quelques concrétions ferrugineuses rouille.
- 103 - 150 cm : Horizon jaune D 58, à assez nombreuses concrétions rouille très durcies irrégulières et à taches beige et ocre, ces dernières s'indurant en concrétions cassables. Cohésion d'ensemble plus faible que précédemment - Texture un peu plus argileuse - Structure identique à celle du précédent.

Les résultats analytiques ne confirment pas l'augmentation du taux d'argile en profondeur, il y aurait plutôt une diminution. Par ailleurs, les teneurs en fer total n'augmentent pas non plus en profondeur. L'impression morphologique d'une augmentation du taux d'argile peut être due à des variations dans la granulométrie des sables qui font paraître la texture plus fine et plus argileuse.

Les concrétions très durcies apparaissent dans les horizons 3 et 4 comme étrangers, cependant l'augmentation de leur nombre en profondeur dans l'horizon 5 montre bien qu'il s'agit de concrétions, leur origine dans les horizons 3 et 4 serait donc une hydromorphie d'origine ancienne qui ne se manifeste actuellement que dans le 5ème horizon par la formation de concrétions ocre cassables à l'ongle. L'hydromorphie actuelle est donc beaucoup plus en profondeur. Un tel sol est bien à classer dans les sols à pseudogley de profondeur à concrétions et taches, mais il serait intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

Dans le profil VL 2, l'hydromorphie est encore beaucoup plus en profondeur, c'est une hydromorphie jeune à amas calcaires et à taches et quelques concrétions ferrugineuses. Le profil reste bien drainé sur sa plus grande partie.

Profil VL 2

Situation : Sur la route de Limnoghin à Wayen (grande route Ouagadougou-Koupéla), 600 mètres avant la Volta Blanche. Lambeau de plaine alluvial dominant la Volta.
Zone plane à pente faible vers la Volta.

- Végétation : Savane parc à Bombax costatum, Sterculia setigera, très arbustive à Acacia gourmensis, Acacia seyal, Guiera senegalensis, Bauhinia sp., - Strate herbacée à Andropogon gayanus.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon brunâtre E 63, faiblement humifère ; sableux plus argileux ; structure litée en surface puis peu développée : débit au piochon par éclats, se réduisant en polyèdres grossiers ; cohésion moyenne ; Porosité faible ; quelques gros pores et de très fines racines ; quelques gravillons ferrugineux et graviers de quartz.
- 15 - 28 cm : Horizon plus ocre encore brunâtre et faiblement humifère ; très gravillonnaire : gravillons ferrugineux de dimensions variées et graviers de quartz anguleux ; terre fine sabloargileuse.
- 28 - 157 cm : Horizon ocre rouge D 48 ; ne paraissant pas humifère ; sabloargileux ; contient quelques morceaux de gneiss en cours de décomposition dont certains sont gros - L'altération de ces inclusions est assez faible ; structure peu développée : débit au piochon polyédrique grossier se réduisant en polyèdres plus petits à cohésion variable moyenne à assez forte ; dans le bas, les éclats au piochon acquièrent une cohésion forte ; porosité moyenne : assez nombreux et fins agrégats grenus et quelques pores tubulaires fins à moyens.
- 107 - 165 cm : Horizon hétérogène, par endroits c'est un lit de gravillons ferrugineux, de graviers de quartz, de cailloux de quartz émcussés, aplatis, mêlés à des morceaux de granite en voie de décomposition, par endroits, c'est le granite altéré mêlé aux alluvions : ensemble ocre à nombreux amas calcaires à aspect de voile arachnéen, quelques rares concrétions cassables.

b) Sols mal drainés sur l'ensemble du profil

Le profil VMD 8 en donne un exemple typique :

Profil VMD 8

- Situation : Sur la piste Mandié - Volta Blanche, à 300 mètres de la Volta. Lambeau de plaine alluviale dominant légèrement les alluvions limonosableuses à sablo-limoneuses dans lesquelles la Volta s'est encaissée.
Pente inférieure à 1 % inclinée vers la Volta.
- Végétation : Savane arborée à Daniellia oliveri, Terminalia glaucescens arborescents, Butyrospermum parkii avec quelques Bauhinia sp.. Strate herbacée à Andropogon gayanus et Schizachirium sp.
- Description :
- 0 - 15 cm : Horizon gris brun à brun gris - Humifère - Texture sablo limone un peu argileuse à sables très fins. Structure non développée - Porosité d'agrégats faible - Débit grossier polyédrique à cohésion forte - Porosité uniquement tubulaire variable, faible parfois moyenne. Moins brunâtre et moins humifère à la base.
- 15 - 48 cm : Horizon beige ocre à taches très imprécises plus ocre - Texture : identique à l'horizon précédent - Paraissant peu ou pas humifère - Structure non développée - Débits au piochon par plaques à cohésion assez forte - Horizon frais, aspect brunâtre quand il est humide - Fine porosité tubulaire faible.
- 48 - 150 cm : Horizon à couleur d'ensemble ocre, parce que frais, en réalité constitué de taches mal individualisées ocre et de taches plus claires - Texture sabloargileuse à argilosableuse à sables très fins, avec quelques taches rouille parfois durcies en concrétions cassables : quelques petites taches noires - Structure peu développée à faible tendance polyédrique grossier - Horizon très frais, à porosité moyenne avec des veines d'origine biologique remplies de terre grisâtre - Débits par éclats à cohésion moyenne donnant un polyèdre grossier.

Nous avons incontestablement des alluvions polyphasés.

La texture qui reste sablolimoneuse peu argileuse jusqu'à 48 cm passe brutalement à sabloargileuse à argilcsableuse et reste invariable jusqu'à 150 cm. Une telle accumulation brutale en milieu ferrugineux tropical ne se produit, comme nous l'avons déjà vu, que sous l'influence d'une nappe hydrostatique ou d'un engorgement très prononcé, provoquant un dépôt brutal des produits de lessivage, nappe ou engorgement qui se seraient traduits alors par un concrétionnement intense. Or nous n'avons ici, en profondeur, qu'une hydromorphie jeune avec une ségrégation surtout diffuse du fer (taches mal individualisées ocre et taches plus claires) et seulement quelques concrétions rouille cassables. La pénétration humifère en profondeur par des veines grisâtres d'origine biologique est ici une caractéristique hydromorphe.

Les résultats d'analyse granulométrique ne confirment pas la présence de limon, mais donnent une proportion très grande de sables fins. Il ne faut pas oublier qu'en analyse de série, la différenciation du limon grossier et du sable très fin est très difficile. Par contre, nous retrouvons une discontinuité dans les teneurs en argile et en fer total qui restent à peu près constantes jusqu'à 48 cm, puis augmentent brutalement.

Le complexe absorbant, très proche de la saturation en surface, se désature en profondeur. Le rapport fer libre sur fer total augmente en profondeur malgré l'hydromorphie plus accusée.

Au point de vue physique, rien n'explique le passage de la perméabilité de 1.1 dans le premier horizon à 2.1 dans le deuxième, ces deux horizons sont assez identiques au point de vue analytique et le premier horizon plus riche en matière organique devrait plutôt marquer des caractéristiques physiques meilleures.

L'indice d'instabilité structurale présente des valeurs élevées, particulièrement en surface, et corrélativement à la grande importance des sables très fins et des limons.

Dans le profil V 79, l'hydromorphie de profondeur moins marquée paraît devoir être d'origine ancienne, phénomène assez fréquent dans les sols de ces bourrelets alluviaux ocre à végétation très souvent constituée par une maigre savane à *Bombax costatum* et à strate herbacée rare.

Profil V 79

Situation : Sur la piste Korsimoro à Tampara et Imiyougou, à

6.7 Km de la Volta, après le village de Tampara.

Végétation : Maigre savane à Bombax costatum.

Description :

- 0 - 22 cm : Horizon gris brunâtre faiblement humifère - Texture sablo moyennement argileuse à sables fins - Structure prismatique large moyennement développée par d'assez nombreuses fines fentes de dessiccation verticales - Cohésion forte - Porosité faible - Structure litée en surface.
- 22 - 42 cm : Horizon brun clair paraissant faiblement humifère - Texture sablo argileuse à sables fins - Structure prismatique large moyennement à bien développée à cohésion assez forte à moyenne se réduisant en polyédres larges à très grossiers - Bonne porosité tubulaire.
- 42 - 103 cm : Horizon ocre rouge, non humifère - Texture argilo sableuse - Cohésion d'ensemble moyenne à faible. Débit poussiéreux ou polyédrique à tendance prismatique - Bonne porosité d'ensemble.
- 103 - 130 cm : Horizon ocre plus clair - Texture argilo sableuse à argileuse contenant des concrétions noires manganifères et quelques gravillons ferrugineux - Structure peu développée à tendance polyédrique grossière - Cohésion d'ensemble moyenne à assez forte ; cohésion des mottes moyenne, elles se réduisent en polyédres grossiers à tendance prismatique.
- 130 - 150 cm : Horizon ocre un peu plus clair que l'horizon précédent - La terre fine est argileuse - Reposant à 150 cm et par en droits sur un lit gravillonnaire contenant des cailloux de quartz et des gravillons ferrugineux - Horizon plus durci à bonne porosité tubulaire avec des pores tubulaires grisâtres - Structure polyédrique grossière assez peu développée - On note la présence de quelques concrétions manganésifères.

Là encore, les apports sont incontestablement polyphasés, mais ici la texture devient progressivement argileuse simulant parfaitement un lessivage et une accumulation d'argile.

Cependant, une telle accumulation d'argile aurait été accompagnée non pas d'une ségrégation manganifère seulement (du reste faible) mais d'une intense ségrégation ferrugineuse qui aurait cimenté entièrement le lit gravillonnaire en une carapace de néoformation. Or, on ne constate même pas de ségrégation ferrugineuse.

La présence de gravillons dans les deux derniers horizons en fait des apports différents des deux premiers. Ceci est confirmé par les courbes cumulatives de la distribution des sables qui forment très nettement deux familles : une pour les horizons 1 et 2, et une pour les horizons 4 et 5.

L'examen des sables montre bien qu'il s'agit d'alluvions : la grande majorité des gros grains de quartz sont parfaitement usés à angles arrondis et une proportion notable des sables fins est aussi bien usée.

Les horizons 1 et 2 ont des sables à aspect essentiellement quartzeux alors qu'il apparaît dans les horizons 4 et 5 de nombreux sables feldspathiques blancs opaques (aspect d'arènes granitiques).

Le mauvais drainage ne se marque en surface que par la structure prismatique. Le troisième horizon est très peu marqué par le mauvais drainage. Il est peu évolué. Quand aux deux derniers horizons, l'hydromorphie faible ne s'y marque que par la présence de quelques concrétions noires manganifères qui paraissent être dues à une hydromorphie ancienne.

Dans le profil V 80, le concrétionnement manganifère est plus intense et provoque une soudure des gravillons en néoconcrétions.

Cette ségrégation manganifère est fréquente dans ce type de profil.

Au point de vue analytique, les teneurs en fer total, un peu moins celles en argile, les pH, sont assez identiques à ceux d'un sol ferrugineux tropical lessivé en argile et en fer.

La trame de sables plus grossière ici, confère à ce sol des perméabilités moyennes à bonnes dans l'ensemble. La perméabilité du 1er horizon doit être considérée comme aberrante. Par contre, la stabilité structurale tout en s'améliorant reste à des valeurs correspondant à une stabilité structurale médiocre.

c) Caractéristiques analytiques de la famille

L'atténuation dans l'ensemble des conditions de mauvais drainage, jointe au type de végétation, se traduit par une meilleure décomposition de la matière organique. Les rapports C/N des horizons A1 se situent surtout entre 10 et 12, et ceux des horizons A2 entre 6 et 10, ce qui correspond à des matières organiques très bien décomposées.

Au point de vue composition minéralogique de la fraction argileuse, nous nous référerons au prélèvement VL 23 du profil VL 2. Il est composé de 40 % d'illite et 60 % de kaolinite, ce qui distingue nettement ce matériau de ceux de la famille précédente.

Le rapport fer libre sur fer total a des valeurs moyennes à très fortes, traduisant une forte individualisation des hydroxydes probablement héritée de pédogénèses anciennes.

6.- Famille sur argiles à gravillons ferrugineux et recouvrements

Le matériau originel est une argile plus ou moins sableuse et plus ou moins riche en gravillons ferrugineux, recouverte par des apports sableux à sabloargileux, pouvant reposer en profondeur sur un matériau gravillonnaire, cependant peu important (interférence alors avec la famille sur gravillons à recouvrements divers où cependant le matériau gravillonnaire a une importance relative plus grande) ou (et) sur la cuirasse ou carapace ancienne. Par ailleurs, on note dans ce matériau, une tendance très fréquente à un assez bon développement d'une structure relativement fine, de type polyédrique. Ces sols sont développés essentiellement dans l'extrême Nord du Bassin Versant de la Volta Blanche.

Profil V 57

Situation : A 7.3 Km de la Route Ouagadougou-Kaya, sur la piste de Mané.
Zone plane.

Végétation : Champ de mil, quelques Lannea sp. et Sclerocarya birrhea, avec des repousses de Guiera senegalensis, Combretum glutinosum, Bauhinia sp..

Description :

- 0 - 21 cm : Horizon gris brunâtre, humifère, avec des plages plus ocre et moins humifères en profondeur ; texture sableuse un peu argileuse en surface (0-11 cm) devenant nettement sabl'argileux de 11 à 21 cm ; structure peu développée à tendance prismatique ; assez nombreuses et fines fentes de dessiccation verticales ; cohésion forte.
- 21 - 35 cm : Horizon gravillonnaire contenant des petites concrétions noires manganifères ; terre fine brunâtre, humifère, argileuse où l'emplacement des gravillons est lissé et ocre ; cohésion d'ensemble moyenne.
- 35 - 88 cm : Horizon ocre clair à taches ocre et fines taches blanchâtres nombreuses ; texture argileuse à nombreux gravillons ferrugineux ; structure polyédrique moyenne et grossière moyennement développée avec une tendance prismatique pour les polyédres grossiers, ces derniers ont une cohésion moyenne et se réduisent en polyédres moyens anguleux.
- 88 - 98 cm : Carapace ferrugineuse ocre jaune cimentant essentiellement des gravillons ferrugineux et reposant à 98 cm sur la cuirasse ancienne brun rouge à taches ocre jaune et à induration forte.

La faible évolution des matériaux d'apports superficiels apparaît bien dans le deuxième horizon où l'horizon gravillonnaire ne montre que de petites concrétions noires manganifères sous l'effet du mauvais drainage, cependant, les gravillons laissent une empreinte tachée d'ocre dans la terre fine.

Ce profil ne montre en réalité qu'une ségrégation ferrugineuse sous forme de taches, la carapace ferrugineuse a dû se former avant qu'elle ne soit recouverte par les apports, elle marque la surface d'érosion qui a été entaillée dans la cuirasse ancienne. Avec 10 cm de matériau gravillonnaire sur la cuirasse, la place de ce sol se justifiait peu dans la famille sur matériau gravillonnaire à recouvrements divers.

On retrouve un profil assez identique dans V 38, mais l'horizon argileux où ne se distinguent pas de gravillons, tout en gardant la même structure, est riche en concrétions ferrugineuses rouges, parfois ferromanganifères noires au centre. Il repose par l'intermédiaire d'un lit gravillonnaire et caillouteux de 5 cm d'épaisseur (90 à 95 cm) formant "stone line" soudé en carapace sur la cuirasse ancienne à induration forte.

Dans le profil V 99, au contraire, le matériau argileux est beaucoup plus gravillonnaire, à 144 cm, de profondeur, on ne trouve pas encore de cuirasse.

Profil V 99

- Situation : A 2.2 Km de la route Ouagadougou - Kaya, sur la piste Bissiga - (Zitenga.) - Tampwi.
Zone plane à faible pente.
- Végétation : Savane parc anthropique à Karité, champ de mil.
- Description :
- 0 - 16 cm : Horizon brun gris, humifère, sablcargileux à sables fins dominant, structure non développée ; cohésion forte ; porosité tubulaire moyenne.
- 16 - 33 cm : Horizon ocre clair à remplissages tubulaires gris dominant un aspect ségrégatif ; sablcargileux ; structure non développée ; cohésion forte ; porosité tubulaire bonne.
- 33 - 60 cm : Horizon ocre, avec encore quelques remplissages tubulaires gris et humifère ; texture argileuse avec de nombreux gravillons ferrugineux ; structure assez moyennement développée, polyédrique grossière et moyenne avec une cohésion d'ensemble assez forte.

- 60 - 144 cm : Horizon ocre clair, argilo-gravillonnaire avec emplacement des gravillons lissé dans la terre fine et quelques concrétions de néoformation ferrromanganifère rouille et noires tendant à souder ou soudant des gravillons; nombreuses taches rouille vers le bas ; structure peu développée ; cohésion d'ensemble forte.
- à 144 cm : Moins gravillonnaire à concrétions manganifères noires - Cohésion forte.

Le profil V 58 est bien à rattacher à ce type de sol, on y retrouve la carapace gravillonnaire et la cuirasse ancienne en profondeur.

Profil V 58

Situation : Sur la piste de Nougou vers Mané à 4 Km de Nougou. Dans une zone plane et sur une pente inférieure à 1 %.

Végétation : Savane arbrescente à Sclerocarya birrea et Isoberlinia dalzielii ; strate arbustive Combretum glutinosum et Bauhinia ; strate herbacée à Andropogon gayanus.
- Quelques fines fentes de dessiccation forment un réseau sur la surface du sol.

Description :

0 - 18 cm : Horizon gris, Humifère - Texture sabloargileuse à sables très fins à la limite du limon - Structure prismatique large moyennement développée délimitée par de fines fentes de dessiccation verticales, s'affirmant mieux par endroits - Cohésion forte - Porosité uniquement tubulaire moyenne - On note la présence de quelques gros trous.

18 - 35 cm : Horizon à plages ocre et ocre brunâtre et à plages plus grisâtres, plus humifères, à la faveur du remplissage des pores tubulaires, s'anastomosant - Texture argileuse à argilosableuse à sables très fins à la limite du limon - Structure à tendance prismatique large moins développée - Cohésion forte - Porosité tubulaire assez bonne.

- 35 - 55 cm : Horizon à plages ocre et à plages brun grisâtre humifères à la faveur du remplissage des pores tubulaires - Ces plages s'anastomosent - Texture argileuse à argilosableuse à sables très fins - Structure polyédrique grossière à tendance prismatique assez moyennement développée : les plaques débitées au piochon se réduisent facilement en polyédres grossiers et même moyens - Cet horizon a un aspect nettement ségrégatif, il est mal drainé et humifère.
- 55 - 85 cm : Horizon à taches rouges à rouille et ocre clair sur un fond encore un peu brun grisâtre paraissant encore faiblement humifère - Texture argileuse contenant de nombreux gravillons ferrugineux - Structure polyédrique grossière à faible tendance prismatique, et polyédrique moyenne, moyennement développée - Cohésion des mottes moyenne ; cohésion d'ensemble moyenne à assez forte - Quelques néoconcrétions noires manganifères - Les taches durcissent vers le bas en concrétions cassables à l'ongle.
- 85 - 128 cm : Horizon à taches rouille et rouges sur un fond ocre un peu clair - Quelques concrétions noires manganifères - Quelques fines taches blanches - Cet horizon devient en profondeur à nombreuses taches rouges et fines taches blanchâtres sur un fond toujours ocre clair ; les taches sont durcies en concrétions irrégulières, mal individualisées, cassables à l'ongle. Texture argileuse - Structure polyédrique grossière identique à celle de l'horizon précédent - Nombreux gravillons ferrugineux - Cohésion d'ensemble moyenne à forte.
- 128 - 138 cm : Carapace ferrugineuse rouille à rouge cimentant essentiellement des gravillons reposant à 138 cm sur la cuirasse à induration forte.

Nous avons, là encore, un scl essentiellement à taches ces dernières ne commencent à durcir que dans l'avant-dernier horizon. La carapace ferrugineuse gravillonnaire de 128 à 138 cm a pu se former avant la mise en place des matériaux argileux par recimentation des gravillons à la surface de la cuirasse ancienne sous l'influence des solutions ferrugineuses de lessivage oblique.

La ségrégation manganifère s'étale de 55 à 128 cm, mon-

trant ainsi qu'il s'agit essentiellement de phénomène d'hydromorphie et non d'accumulation par lessivage type ferrugineux tropical.

La pénétration humifère est morphologiquement sensible encore de 55 à 85 cm. Le matériau argileux à gravillons ferrugineux marque la structure polyédrique relativement fine de 55 à 85 cm.

Les résultats analytiques, de même que la morphologie, n'évoquent pas ici un sol ferrugineux tropical lessivé. L'appauvrissement en argile du 1er horizon est dû au banal lessivage oblique de surface, l'augmentation des taux de fer libre et de fer total (qui atteignent des proportions élevées en profondeur) est liée à la présence des gravillons ferrugineux et à l'origine du matériau (sa richesse en gravillons laisse supposer qu'il a pu être enrichi en fer par les solutions ferrugineuses provenant des cuirasses anciennes) on voit ainsi que le matériau argileux lui-même est polyphasé.

Les caractéristiques structurales analytiques sont moyennes en ce qui concerne la perméabilité, mais restent médiocres à moyenne en ce qui concerne le Is. Cependant, pour de telles teneurs en argile, on peut dire qu'il y a une certaine amélioration de la stabilité structurale en profondeur, liée probablement aux teneurs élevées en fer.

B.2.2- SOLS A PSEUDOGLEY DE PROFONDEUR A TACHES

1.- Famille sur argiles à recouvrements

Le matériau originel est une argile très souvent à tendance verticale, dans laquelle l'hydromorphie se manifeste par une ségrégation ferrugineuse par taches, mais aussi et surtout par le bon développement d'une structure polyédrique moyenne à grossière ou prismatique petite avec souvent des revêtements argileux et parfois quelques faces cliques patinées, pouvant passer dans certains profils à la structure prismatique moyenne à nette tendance à la plaque.

Nous pensons que la structuration de ces sols traduit mieux leur dynamique et leur est plus spécifique que la ségrégation ferrugineuse.

a) Série bien structurée et verticale en profondeur sur argile d'altération de schistes

Profil VRP 5

Situation : Sur la route de Pô à Saro, au Km 14.1 - Pente de 1 % environ descendant vers Saro. Le profil est situé à mi-pente environ.

Végétation : Savane arbustive à Butyrospermum parkii, Acacia gourmensis ; strate herbacée à Hyparrhenia diplandra et Andropogon gayanus.

Description :

0 - 12 cm : Horizon humide, gris blanchâtre, humifère - Sablolimoneux moyennement argileux à sables très fins et limon grossier - structure non développée - cohésion faible à l'état humide.

- 12 - 34 cm : Horizon à fond brunâtre avec des nuances grisâtres imprécises ; un peu humifère - Sablo-limono-argileux à sables très fins et limon grossier. - Structure prismatique grossière assez bien développée à sous-structure polyédrique très grossière à nette tendance prismatique ou prismatique à tendance polyédrique Cohésion des agrégats forte.
- 34 - 66 cm : Horizon à fond ocre clair à brun jaune clair avec des taches plus foncées et des taches plus pâles - Texture argilo-limoneuse - Structure polyédrique grossière à tendance prismatique bien développée à surstructure prismatique grossière - Cohésion des agrégats forte - Aspect brisé - Repose sur un lit de graviers de quartz incluant de gros cailloux de quartz (66-73 cm) - L'horizon inclut quelques cailloux de quartz vers le bas et devient plus riche en graviers au contact avec le lit grossier.
- 66 - 115 cm : Horizon olive pâle - Texture argilolimoneuse - Structure prismatique petite à tendance polyédrique grossière très bien développée avec revêtement argileux sur les faces et même un peu patinée verticalement ; aspect très brisé.
- 115 - 126 cm : Altération d'une roche schisteuse de couleur gris bleuté et de texture argilolimoneuse.

Ce profil est constitué d'apports polyphasés (0 à 66 cm) recouvrant une altération argileuse de schistes à tendance verticale très bien structurée : structure prismatique petite à revêtements argileux, couleur olive pâle, teneur en montmorillonite de la fraction argileuse : 30 %, capacité d'échange (19 méq pour 100g de terre), somme des bases échangeables (16 méq pour 100g de terre) assez élevée, pH faiblement à moyennement acide (5.8), avec un taux de saturation élevé (86 %) ; caractéristiques structurales analytiques très mauvaises pour la stabilité structurale et médiocre pour la perméabilité. Le rapport fer libre sur fer total, les quantités de fer libre et fer total sont élevées, mais il n'y a pas dans cet horizon de ségrégation ferrugineuse, l'hydromorphie se résume en une structuration du matériau.

Dans le matériau argilolimoneux d'apport du 3ème horizon, nous retrouvons des caractéristiques assez voisines : structuration bien développée, de type plus polyédrique ici, mais avec une ap-

parition d'une ségrégation ferrugineuse très diffuse par taches et avec une couleur qui n'est plus de type vertique ; la teneur en montmorillonite de la fraction argileuse s'abaisse à 10 %, la capacité d'échange et la somme des bases échangeables suivent cette baisse. L'hydromorphie se résume là encore surtout en une structuration du matériau, le pH est moyennement acide à acide (5.4).

En surface, corrélativement à la diminution du taux d'argile, la structure s'élargit puis disparaît.

b) Série sur argile gravelleuse dérivée de schistes

Profil VRP 4

Situation : Route de Pô à Saro, à 15.2 Km après Pô. Longue pente de 1 % s'inclinant vers Saro, gravelleuse en surface.

Végétation : Savane à Butyrospermum parkii avec Daniollia olivieri Bauhinia sp..

Description :

0 - 15 cm : Horizon gris brunâtre, humifère, plus brunâtre vers le bas et moins humifère ; horizon humide - Texture limono-sablo-argileuse à très nombreux morceaux de schistes ferruginisés à cassure rouille imitant la forme de concrétions irrégulières à apophyses nombreuses, c'est-à-dire des concrétions formées à partir de schistes.

15 - 35 cm : Horizon beige ocre, peu ou pas humifère - Texture argileuse à très nombreux morceaux de schistes aplatis à cassure brun rouille où l'on distingue la schistosité originelle - Structure polyédrique moyenne assez bien développée - Cohésion d'ensemble faible - Très bonne porosité d'agrégats due aux nombreux morceaux de schistes et à la structuration de la terre fine.

35 - 75 cm : Horizon beige ocre à taches ocre, non humifère, avec les mêmes morceaux de schistes - Texture argileuse - Structure polyédrique moyenne assez bien développée -

Quelques veines de quartz fumé et des schistes peu altérés.

75 - 115 cm : Horizon à taches blanchâtres, jaunâtres et brun rouille - Texture plutôt argilo-limoneuse - C'est l'horizon d'altération du schiste avec la schistosité conservée.

La ferrugination plus intense en surface semble devoir être reliée aux effets du cuirassement ancien. L'altération actuelle du schiste (2ème, 3ème et 4ème horizons) donne un produit argileux où sont assez largement représentées les illites (40 % dans le 3ème horizon), et où le mauvais drainage se manifeste essentiellement par une structuration de type polyédrique moyenne assez bien développée ; la ségrégation ferrugineuse dans la terre fine est faible, elle ne s'intensifie que dans le matériau originel. L'hydromorphie actuelle consiste donc essentiellement ici en cette structuration. Au point de vue analytique, il faut remarquer une désaturation en profondeur jusque dans le matériau originel accompagnée de pH acide à moyennement acide (5.3). Cette acidité dans le matériau originel même nous étonne à l'égard de la proportion d'illites, il faut peut-être considérer que dans ces schistes argileux, les illites préexistaient dans la roche-mère.

Les caractéristiques structurales de la terre fine des horizons structurés sont relativement meilleures dans l'ensemble tout en restant au point de vue absolu médiocres. La structure est assez bonne mais pas stable.

c) Série bien structurée et verticale en profondeur sur matériau plus ou moins alluvial :

Profil VRP 29

Situation : Sur la route de Pô à Nobéré au Km 31.8 après Pô.
Dans une zone plane.

Végétation : Savane arbustive à Butyrospermum parkii, Terminalia glaucescens, Combretum sp., Detarium microcarpum.

Description :

- 0 - 13 cm : Horizon gris, faiblement humifère - Texture limono-argileuse à sablo - argileuse , mais à sables très fins - Structure prismatique large s'affirmant par de fines fentes de dessiccation verticales - Cohésion forte - Bonne porosité tubulaire.
- 13 - 30 cm : Horizon brun jaune clair grisâtre, encore humifère - Texture argilo-limoneuse - Structure identique à celle du précédent - Cohésion forte.
- 30 - 45 cm : Horizon brun jaune pâle peu ou pas humifère - texture argileuse - Horizon de transition au point de vue structure : polyédrique grossière à polyédrique moyenne, moyennement développée se déduisant assez bien des plaques débitées au piochon - A la base de l'horizon, une stone line de gravillons ferrugineux.
- 45 - 63 cm : Horizon brun jaune clair - Texture argileuse - Ne paraissant pas humifère - Structure polyédrique moyenne parfois grossière assez bien développée - Cet horizon contient quelques concrétions brun rouille à rouille, ferromanganifères, durcies mais cassables et des gravillons ferrugineux.
- 63 - 90 cm : Horizon brun jaune pâle à taches plus claires (tendance au gris blanchâtre) et à taches brun rouille, noires et brun noirâtre (ferromanganifères) mal délimitées. Structure polyédrique petite à polyédrique moyenne à tendance prismatique très bien développée et à revêtements argileux. Texture très argileuse.
- 90 - 125 cm : Horizon gris blanchâtre à taches brun rouille, noires mal délimitées - Texture très argileuse - Structure prismatique petite à très petite, très bien développée à sousstructure polyédrique petite assez bien développée - Faces à revêtement argileux, quelques faces obliques patinées avec des taches brun rouille - Argile à tendance verticale.

Ce profil est peu évolué, mal drainé en surface : le mauvais drainage se manifeste par une tendance à la structure prismatique large. En profondeur l'hydromorphie se traduit par une ségrégation ferrugineuse et ferromanganifère sous forme de taches essentielle-

ment et par le développement d'une structure polyédrique moyenne à petite, parfois grossière. Dans le dernier horizon, la tendance verticale se manifeste par l'apparition de faces de décollement obliques, patinées.

Le pH est franchement acide, mais le taux de saturation a des valeurs irrégulières non interprétables.

Au point de vue structural, la perméabilité, tout en restant encore faible, s'améliore nettement, mais l'indice d'instabilité structurale reste assez élevé : la structure est bonne mais sa stabilité est mauvaise.

Nous n'avons pas essayé de ramener la capacité d'échange à la fraction argileuse à cause de la proportion élevée de limons et du taux de saturation s'accordant mal avec le pH (donc capacité d'échange pas sûre).

d) Série bien structurée reposant sur cuirasse ancienne

Profil V 42

Situation : Sur la piste de Korsimoro à la Volta Blanche, à 11.7 Km de Korsimoro dans une zone plane dépressionnaire.

Végétation : Savane parc à Butyrospermum parkii, nombreux Bauhinia sp., quelques Mitragyna inermis.

Description :

0 - 17 cm : Horizon gris clair brunâtre - faiblement humifère - Texture limono-argileuse à argilo-limoneuse - Structure prismatique large à grossière, bien développée par endroits à sous-structure prismatique moyenne à petite - Cohésion forte.

17 - 51 cm : Horizon brun gris clair à fin voilage blanchâtre - Texture limono-argileuse à argilo-limoneuse - Structure prismatique petite à tendance polyédrique très bien développée à cohésion des agrégats fortes; horizon à aspect brisé et à surstructure prismatique large.

- 51 - 71 cm : Horizon brun gris clair - Peu ou pas humifère - Texture argilolimoneuse identique à l'horizon précédent - Structure prismatique petite à tendance polyédrique moins bien développée que dans l'horizon précédent - Quelques fines taches blanchâtres - Porosité tendant au type mie de pain.
- 71 - 138 cm : Horizon cuirassé par endroits, carapace essentiellement concrétionnée (concrétions à surface gris clair) par ailleurs ferromanganifères rouges à taches noires, on distingue également des cristaux de feldspaths formés sur altération de granite.
- A partir de 138 cm : Pegmatite ferruginisée en carapace.

L'hydromorphie se manifeste dans ce profil essentiellement par la structuration prismatique large en surface et petite ensuite. La ségrégation ferrugineuse est inexistante : le fin voilage blanchâtre du 2^{ème} horizon est dû à une migration de sables fins blanchis à partir de la surface, c'est une caractéristique hydromorphe, en profondeur, les fines taches blanchâtres sont un indice douteux de deferritisation préférentielle.

Par rapport aux sols bruns entrophes, le profil est plus éclairci particulièrement en surface, et malgré une quantité de matière organique relativement importante de 2 %, la somme des bases encore assez bonne est cependant relativement plus faible en regard du taux d'argile ; le pH est plus acide, et le taux de saturation quoiqu'encore bon reste inférieur aux valeurs trouvées dans les sols bruns entrophes.

Au point de vue composition minéralogique de la fraction, les argiles du type 2/1 uniquement du groupe illite ne représentent plus que 20 % contre 80 % de kaolinite. Mais c'est probablement aux illites qu'on doit la manifestation de l'hydromorphie par la structuration.

2.- Familles sur alluvions diverses

Les matériaux sont constitués par les alluvions sableuses, sablolimoneuses à limonosableuses des lambeaux de plaines alluviales dans lesquels les Voltas et leurs affluents s'encaissent,

ainsi que par les bourrelets limonoargileux à argileux qui bordent les rivières.

Le profil VN 80 donne un exemple de profil sur alluvions de type limoneux - limonosableux :

Profil VN 80

Situation : Piste ouverte à la boussole partant de la route de Niaogo à Kaïbo, à la rivière située à 3 Km de la Volta Blanche.
- Direction sud
- Distance 7.4 Km
- profil : entaille en bordure de la Volta Blanche et dans ses alluvions.

Végétation : Savane arborée à Daniellia oliveri

Description

- 0 - 30 cm : Horizon gris brun à brun gris, à taches à tendance plus ocre, humifère - Texture limoneuse à limono-argileuse - Structure prismatique large se développant par des fentes de dessiccation verticales - Porosité tubulaire assez faible avec quelques gros et petits pores.
- 30 - 64 cm : Horizon brun jaune à brun rouge - Texture limono-sablo-argileuse encore humifère - Structure prismatique moins bien développée - Cohésion forte - Porosité faible.
- 64 - 120 cm : Horizon brun paraissant humifère à taches brun rouille - Texture limono-argileuse - Structure prismatique peu développée - de fines fentes de dessiccation - Cohésion moyenne à faible à tendance poussiéreuse au piochon - Nombreux pores tubulaires donnant une porosité assez faible cependant.
- 120 - 200 cm : Horizon à taches brunes et beige - Texture limoneuse à limono-sableuse à sables très fins - Structure peu développée - Cohésion forte - Porosité faible.

L'hydromorphie est du type juvénile en profondeur, nous avons en réalité un faciès intergrade vers les sols peu évolués.

Le profil VY 5 donne un type plus sableux et plus argileux, mais polyphasé : l'hydromorphie reste juvénile.

Profil VY 5

- Situation : Au Km 10.5, sur la piste Yoréko-Yakala, terrasse alluviale plane, talweg à 50 mètres.
- Végétation : Savane à Ficus sp., Butyrospermum parkii, repousses de Bauhinia sp., champ d'Hibiscus sp., strate herbacée à Ctenium elegans.
- Description :
- 0 - 19 cm : Horizon brun gris à brun rouge ; humifère ; sableux peu argileux à sables fins ; structure tantôt litée (culture ou apports successifs) avec cohésion faible et tenance particulière, tantôt non développée avec un débit par éclats à cohésion forte ; porosité faible uniquement tubulaire.
- 19 - 46 cm : Horizon brun rouge F 34, encore humifère avec passage progressif à l'horizon précédent ; sableux peu argileux ; structure non développée : débit par éclats à cohésion faible se réduisant en agrégats particuliers ; horizon frais.
- 46 - 88 cm : Horizon rouge faible (E 24) avec quelques vagues nuances plus rouille et quelques rares taches noires ; ne paraît pas humifère ; sabloargileux ; structure non développée : débits par éclats à cohésion forte ; cohésion d'ensemble forte ; horizon plus durci.
- 88 - 120 cm : Horizon à couleur d'ensemble jaune rouge constitué de taches jaune rouge et de nuances plus claires qui s'accroissent vers le bas où apparaissent des taches jaunées claires et des taches noires diffuses ; texture sabloargileuse à argilosableuse ; structure identique.

Nous retrouvons les capacités d'échange relativement fortes par rapport à la fraction argileuse et à la matière organique, déjà signalées pour le profil VN 26 (page 208), mais ici le limon est rare. Il faut y voir un rôle probablement plus grand des argiles qui seraient alors constituées de minéraux du type 2/1.

Le complexe absorbant est saturé avec un pH faiblement acide.

Les bases totales sont très élevées, par rapport aux bases échangeables, et diminuent avec la profondeur malgré l'augmentation de la teneur en argile : 48 méq pour 100g dans le VY 51 ; 40 méq dans le VY 52, et 34 méq dans le VY 53. Cette répartition tend à montrer que les apports sont polyphasés plus riches en minéraux de réserves en surface.

Ces caractéristiques chimiques sont bien celles d'un sol jeune à altération chimique pas très poussée.

- C O N C L U S I O N -

Les Bassins Versants des Voltas Rouge et Blanche nous sont apparus au cours de cette étude comme constitués par une surface d'érosion (Bas glacis de P. MICHEL et J. VOGT fortement rajeunie par l'attaque de la roche saine et, colmatée par des produits relativement récents mais complexes dont la pédonénèse réellement actuelle est difficile à préciser en ce qui concerne les matériaux kaolinitiques. Dans ces derniers la pédogénèse ancienne (essentiellement ferrugineuse intense) se superpose presque constamment à la pédogénèse actuelle: les matériaux sont dérivés de la cuirasse du moyen glacis ou (et) des altérations sous-jacentes à cette cuirasse plus ou moins mêlés à des produits d'attaque de la roche saine mise à nu.

être du type peu

Cette pédogénèse actuelle apparaît cependant/évolué mal drainé; les critères du diagnostic des sols ferrugineux tropicaux étant inutilisables ici. Signalons que le faciès de ces sols se rapproche souvent dans une approximation hâtive de celui de sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ou cuirasse et carapace.

Quant aux matériaux à dominance de montmorillonite, il donne essentiellement des Vertisols (typiques ou à recouvrements). Il semble là que le matériau détermine le sol, mais le matériau s'identifie alors à des conditions d'altération bien précises qui sont de type calcimorphe, ou calco-magnésimorphe.

Les matériaux intermédiaires entre ces deux types (kaolinitiques et montmorillonitiques) donnent essentiellement des sols bruns eutrophes dont dont le type modal semble bien être ici le sol brun eutrophe vertique; le concept central actuel du sol brun eutrophe est assez marginal en somme.

Il apparaît que Vertisols et sols Bruns eutrophes intimement liés à des processus d'altération assez identiques ne doivent se différencier qu'à un échelon en tout cas inférieur à la classe. Dans certains matériaux montmorillonitiques l'action du Sodium (dérivé des roches mères) se superpose à celle du calcium. Si les sols apparaissent bien devoir être classés dans les sols Halomorphes (caractéristiques analytiques), par contre l'action morphologique spécifique du Sodium ne semble pas très précise et il est possible qu'il s'y superpose une action du calcium. Ces sols pourraient donc dans une certaine mesure être classés au voisinage immédiat des sols Bruns eutrophes et des Vertisols.

Signalons pour terminer que cette évolution du bas-glacis des Bassins Versants des Voltas Rouge et Blanche ne semble pas leur être spécifique. En effet nous avons retrouvé une évolution assez identique dans le bas-glacis du Sénégal Oriental (feuille de Dalafi) du moins d'après nos premières conclusions de terrain.

Des études de lames minces de sol et des études granulométriques sont en cours pour préciser cette évolution dans le Sénégal Oriental.

B I B L I O G R A P H I E

1. ALEESE Mc et CONAGHY Mc cités par A. RUELLAN (40) - p.10
2. ARIAL-FARGEAS G. (1963) Rapport de stage - Importance du Fer et de sa mobilité dans les sols tropicaux. Comparaison des deux méthodes d'analyse du fer libre Deb D'Hoore.
Centre de Pédologie de Hann - DAKAR.
3. A.S.E.C.N.A. Direction de l'exploitation météorologique. Service Technique Régional Météorologique de l' A.O. - DAKAR-YOFF.
4. AUBERT G. (1963) La Classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride. Colloque C.C.T.A. sur la classification des sols des régions intertropicales, leurs corrélations et leur interprétation.
Class - Soils (63).31. LOVANIUM.
5. AUBREVILLE A. (1949) Climats, forêts et désertification de l'Afrique Tropicale. Paris 1949 Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales.
6. BILLY G. (1954) Etude des Courbes normales de dispersion. Eléments de statistiques à l'usage des naturalistes.
Centre de Documentation Universitaire - PARIS.
7. BONIFACE M. (1959) Contribution à l'Etude Géochimique de l'altération latéritique.
Mémoires du Service de la carte Géologique d'Alsace et de Lorraine N° 17, 1959.
8. BRAMMER H. Visit to Haute-Volta.
Kumasi, Department of soil and Land-Use Survey.
9. CAILLEUX A. et TRICART J. Initiation à l'Etude des sables et des Galets 1.texte.
Centre de Documentation Universitaire - Paris.
10. DAVEAU S. LAMOTTE M. ROUGERIE G. (1962) Cuirasses et chaînes birrimiennes en Haute-Volta. Ann de Géographie LXXIè année n° 387 - Sept.Oct. 1962-
p. 460.
11. DOEGLAS D.J. (1960) Sedimentological data for soil mineralogy.
Seventh International Congress of Soil Science Madison,
1960, VII. 13.

12. DRESCH J. (1953) Plaines Soudanaises. Revue de Géomorphologie Dynamique N° 1
4ème année 1953 - p. 39.
13. DUCELLIER J. (1957) Rapport de fin de feuille OUAGADOUGOU-EST (Haute-Volta)
Haut-Commissariat de la République en A.O.F.
Service de Géologie et de Prospection Minière Oct. 1957.
14. DUCHAUFOR P. (1960) Précis de Pédologie. Masson et Cie, Editeurs - Paris.
15. DUCHAUFOR P. (1961) Données Nouvelles sur la Classification des Sols.
Extrait des Ann. de l'Ecole Mt. des Eaux et Forêts et de
la Station de Recherches et Expériences.
Tome XVIII, Fasc.4, 1961.
16. DUCHAUFOR P. et DOMMERCUES Y. (1963). Etude des composés humiques de quel-
ques sols tropicaux et subtropicaux.
Sols Afric - vol. III, n° 1 Janv-Avril 1963.
17. DURAND J. H. (1954). Les Sols d'Algérie. Gouvernement Général de l'Algérie.
Direction du Service de la Colonisation et de l'Hydraulique.
18. DURAND J. H. (1958) Les Sols irriguables (Etude Pédologique) Alger 1958.
19. FOURNIER F. (1958) Etude de la relation entre l'érosion du sol par l'eau
et les précipitations atmosphériques - Thèse Paris 1958.
20. FRIPIAT J. J. et GASTUCHE M.C. (1952). Etude physico-chimique des surfaces
des argiles. Les combinaisons de la kaolinite avec
l'oxyde de fer trivalent.
I.N.E.A.C., Série Scientifique, n° 54 (1952).
21. FURON R. (1960) Géologie de l'Afrique (Payot, Paris) 2ème édition.
22. GREENE H. (1948) Using Salty Land F.A.O. Agr. Studies n° 3
cité par S. HENIN (24).
23. CAILLERE S. et HENIN S. (1963) Minéralogie des Argiles.
Masson et Cie Editeurs - Paris.
24. HENIN S., FEODOROFF A., GRAS R., MONNIER G. (1960). Le profil Cultural.
Principes de Physique du sol.
Sté d'Edition des Ingénieurs Agricoles - Paris.
25. D'HOORE J. (1955). Sols et Argiles Noirs tropicaux et subtropicaux.
Sols Afric. BIS vol. III N° 3 Juillet 1955, p. 366-377.

26. KALOGA B. (1961). La Modernisation rurale dans la Haute-Vallée du Niger.
Mission Leynand-Roblot.
Reconnaissance Pédologique de la Haute-Vallée du Niger
Paris, Bureau pour le développement de la Production Agricole.
27. KALOGA B. (1959). Essai de détermination de l'influence des restes de feux de brousse sur le dosage du carbone organique des terres.
I.E.C. Brazzaville, Avril 1959.
28. KALOGA B. (1964). Reconnaissance pédologique des Bassins Versants des Voltas Blanche et Rouge.
Centre de Recherches Pédologiques de Hann - Nov. 1964.
29. KALOGA B. (1961). Etude Pédologique de diverses Vallées et Plaines de la République du Mali. Cuvette de SEGALA (NIAMINA)
Centre de Pédologie de Hann - Oct. 1961.
30. MAIGNIEN R. (1959). Les Sols de la Presqu'Ile du Cap-Vert.
Centre de Pédologie de Hann-DAKAR 1959.
31. MAIGNIEN R. (1961). Sur les sols d'argiles noires tropicales d'Afrique Occidentale.
Bull. A. F. E. S. Paris, 8 Août 1961 p. 131-144
32. MAIGNIEN R. (1963). Les sols Bruns eutrophes tropicaux.
Sols Afric. vol. III; N° 3 Sept.-Déc. 1963; p. 485.
33. MEHRA O.P. et JACKSON M.L. (1958). Iron oxide removal from soils and clays by dithionite - citrate system buffered with sodium bicarbonate.
7th National Conférence on clays and clay minerals.
Penguin Press.
34. MICHEL P. (1959) Rapport de Mission au Soudan Occidental et dans le Sud-Est du Sénégal.
Fasc. 1, Surfaces latéritiques et glacis cuirassés,
Novembre 1959, Arch. S G P M.
35. MICHEL P. (1959) L'évolution géomorphologique des bassins du Sénégal et de la Haute-Gambie. Les rapports avec la prospection minière.
Rev. Géom. Dyn. Mai-Déc. 1959 - N°s 5-6 à 11-12.
36. PAQUET H., MAIGNIEN R., MILLOT G. (1961). Les argiles des régions tropicales semi-humides d'Afrique Occidentale.
Bull. Serv. Carte Géol. Als-Lorr. t. 14 fasc. 4. p. 111-128
Strasbourg 1961.

37. PEDRO G. (1960). Altération expérimentale des roches par l'eau sous atmosphère de CO₂.
C. R. Ac. Sc. (PARIS) 1960 (14 Mars) T. 250 n° 11, 2035-2037.
38. ROBINSON G.W. (1949) Soils - Their origin, constitution and classification
Thomas Murby et Co - Londres - 3ème édition 1949.
39. ROSS C.S. (1958) Review of the relationships in the montmorillonite group of clay minerals.
Clays and clay minerals, 7th National conférence Oct. 1958.
Pergamon Press.
40. RUELLAN A. (1958) La Capacité d'échange et les cations et anions échangeables
O.R.S.T.O.M.-I D E R T, pédologie.
41. SAGATZKY J. (1947) Notice explicative sur la feuille TENKODOGO-EST
S.G.P.M. DAKAR.
42. S.P.I. Réunion sur le projet conjoint n° 11. Carte des Sols - C.C.T.A./C S A,
18-21 Sept. 1961.
43. Soil classification - A comprehensive system - 7th Approximation - Soil
Survey Staff. Soil Conserv.
Service United States Depart. of Agric. Août 1960.
44. VAN DER MERWE C.R. (1940) Soil groups and sub-groups of South Africa.
Union of South Africa. Depart of Agric. and forestry - Chemistry
Series N° 165.
45. VIGNERON J. et DESAUNETTES J.R. (1958). Etablissement d'un indice de compacité.
Bull. A. F. E. S. N° 4 Avril 1958.
46. VOIT J. (1959) Aspect de l'évolution morphologique récente de l'Ouest Africain.
Ann. de Géographie, n° 367 Mai-Juin 1959, p.193-206.

Code Expolaire de A. CAILLEUX et G. TAYLOR - Boubée (PARIS)

VB 25

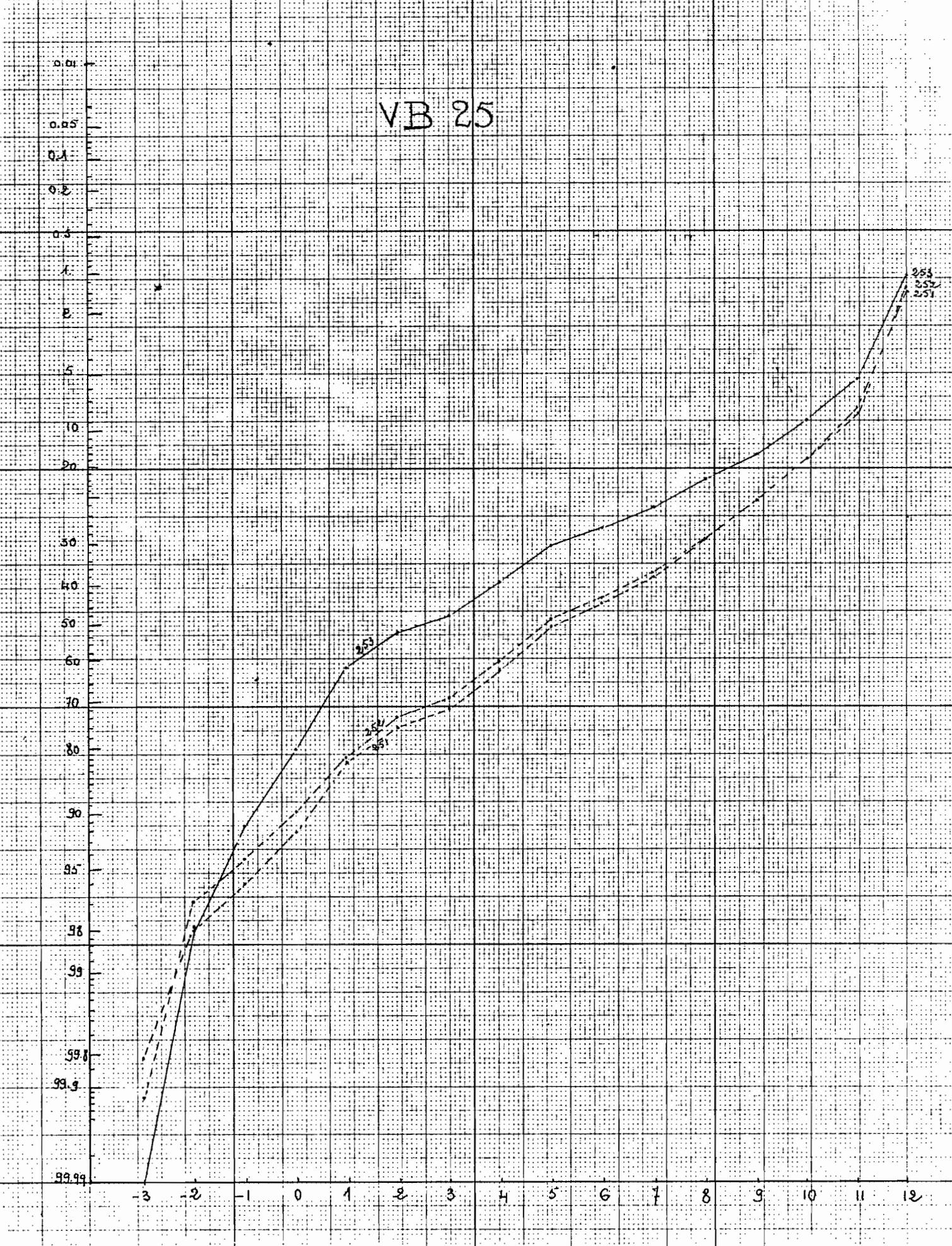
0.01
0.05
0.1
0.2
0.3
1
2
5
10
20
50
40
50
60
70
80
90
95
98
99
99.9
99.99

-3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

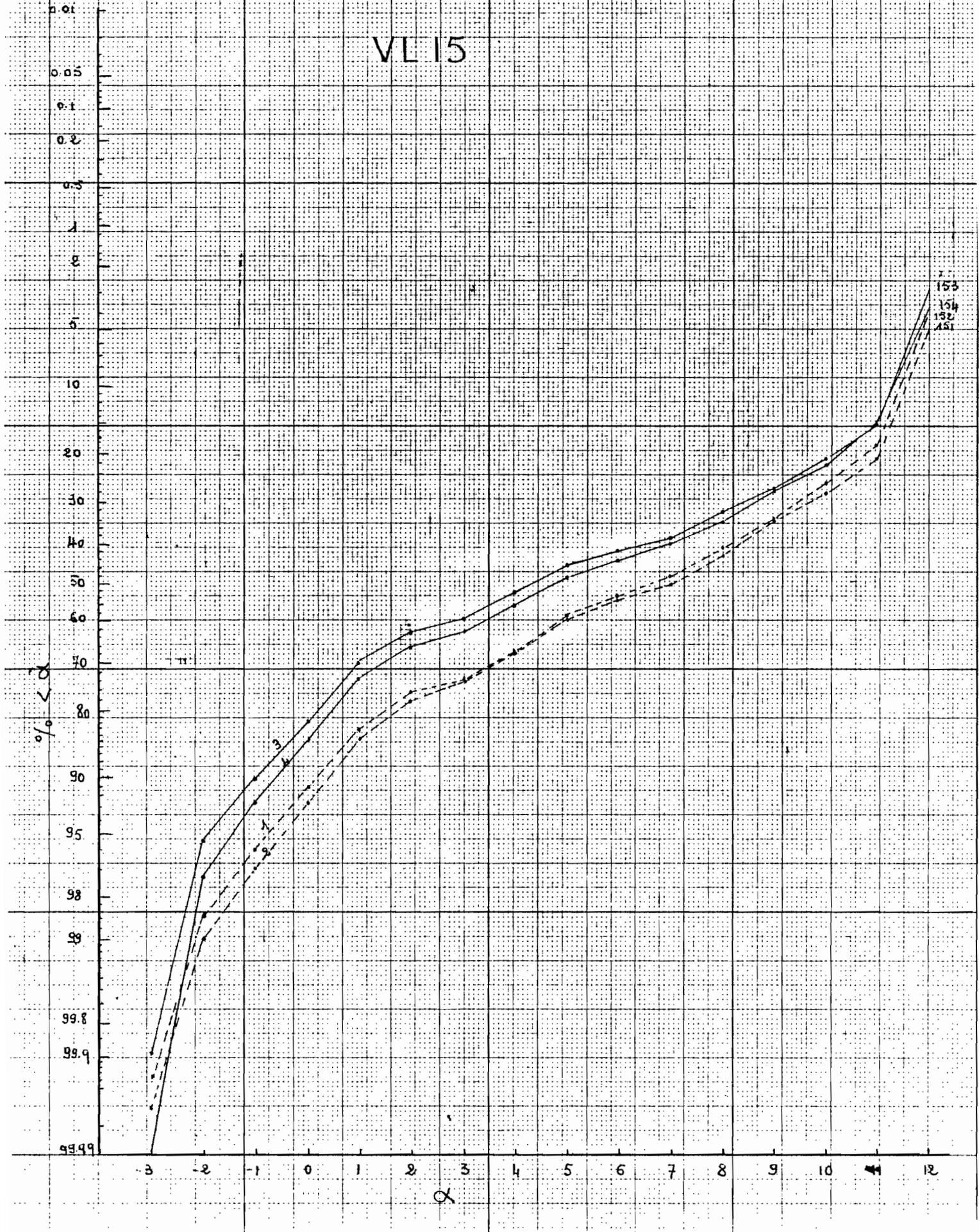
253
255
257

253

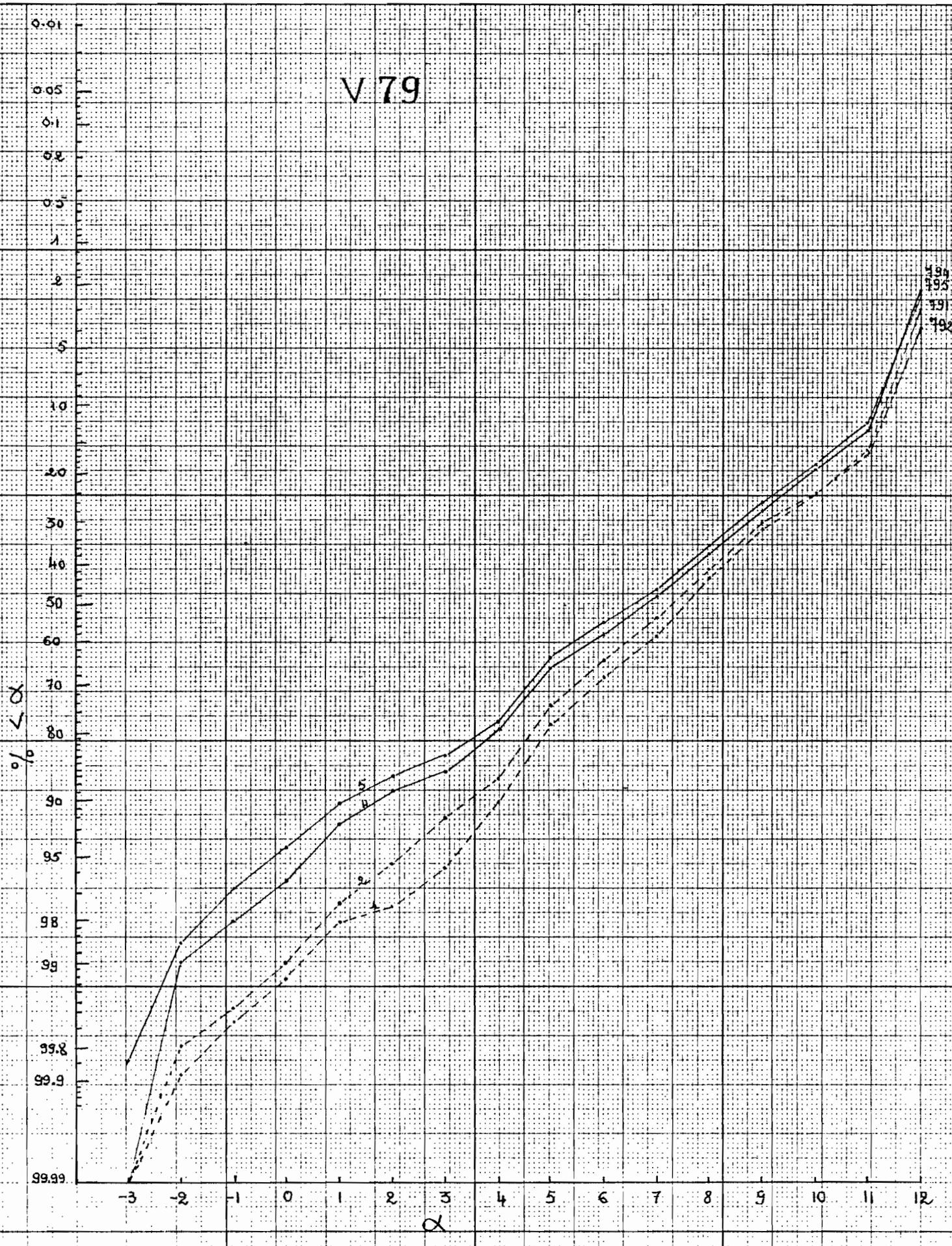
252
251



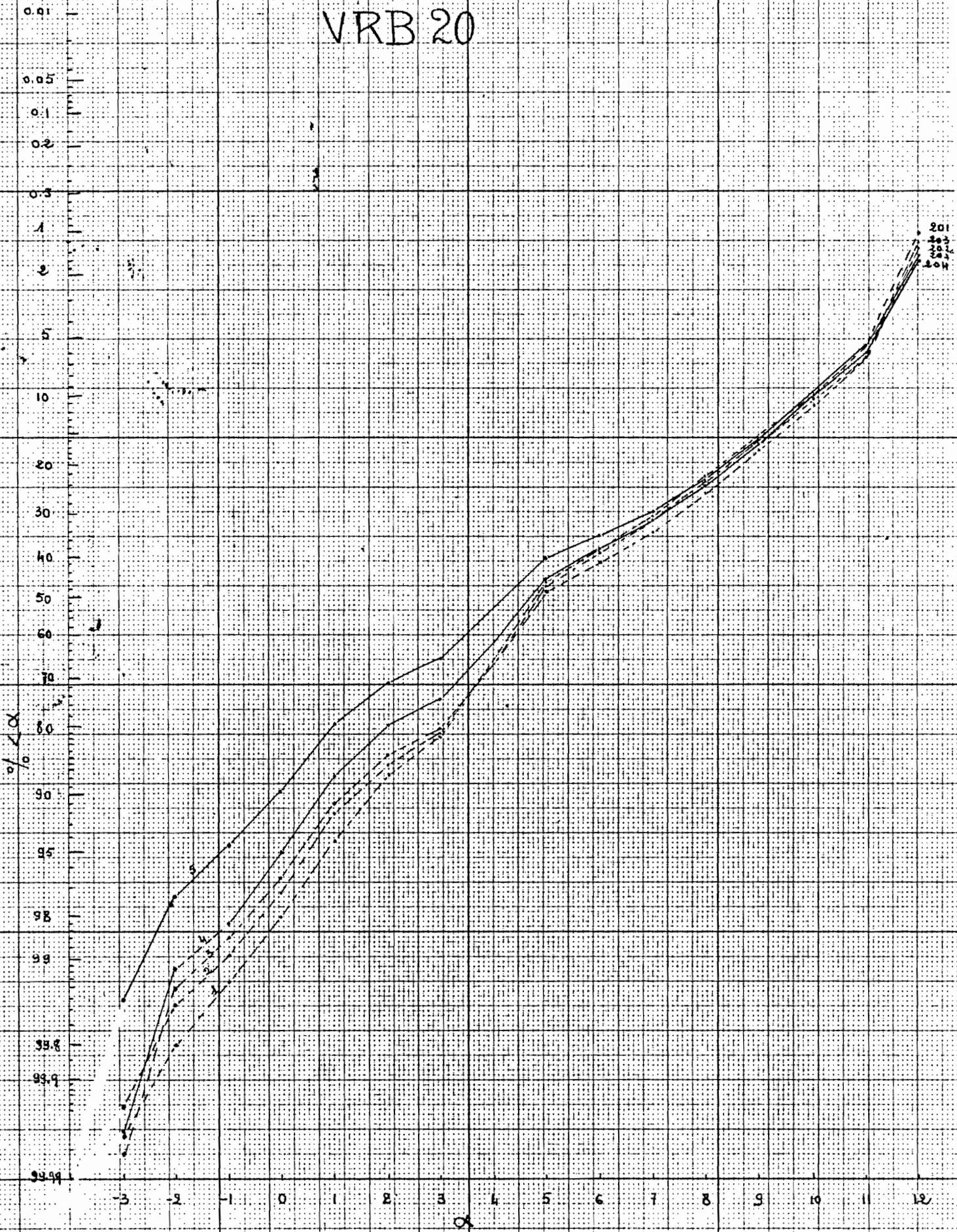
VL 15



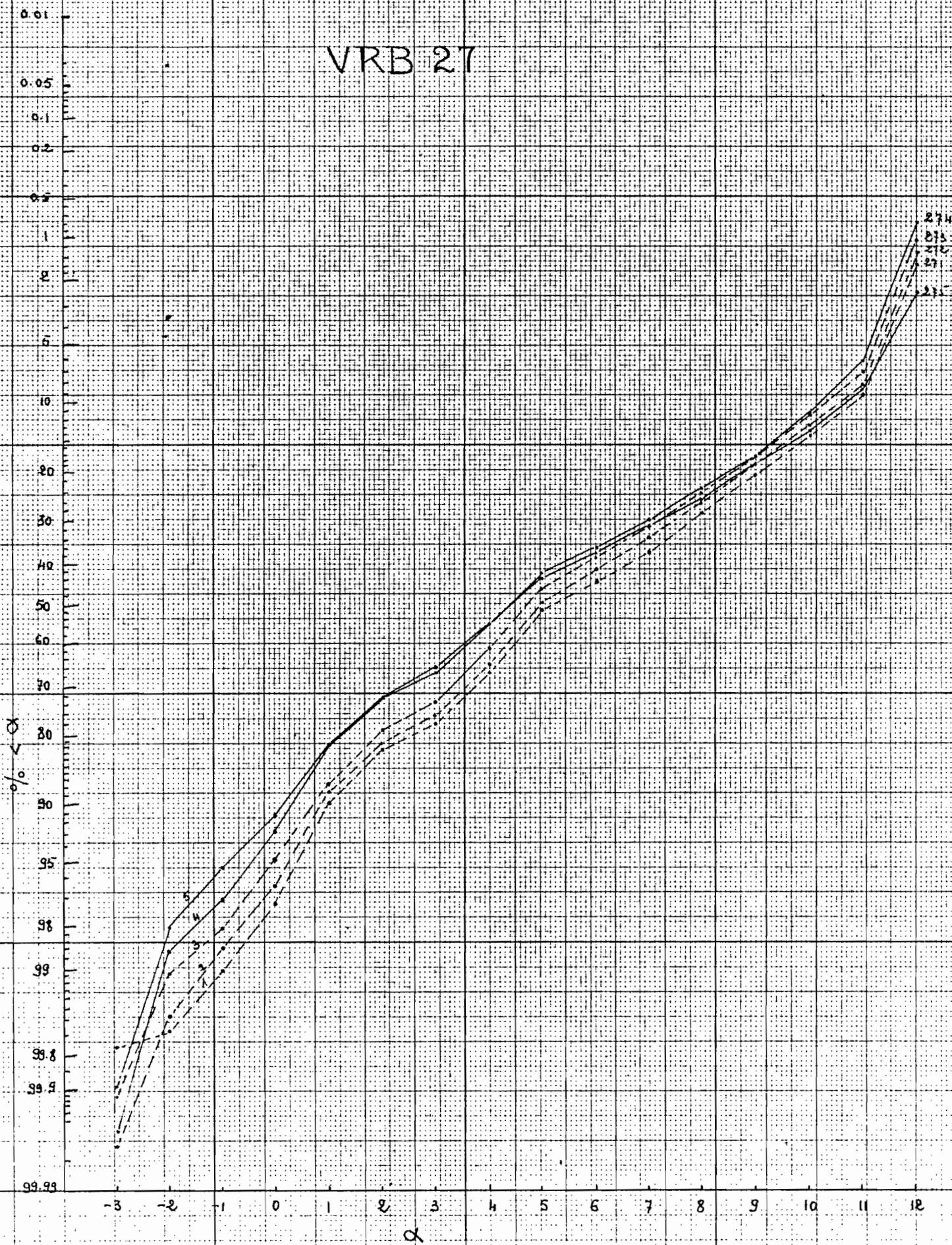
V 79



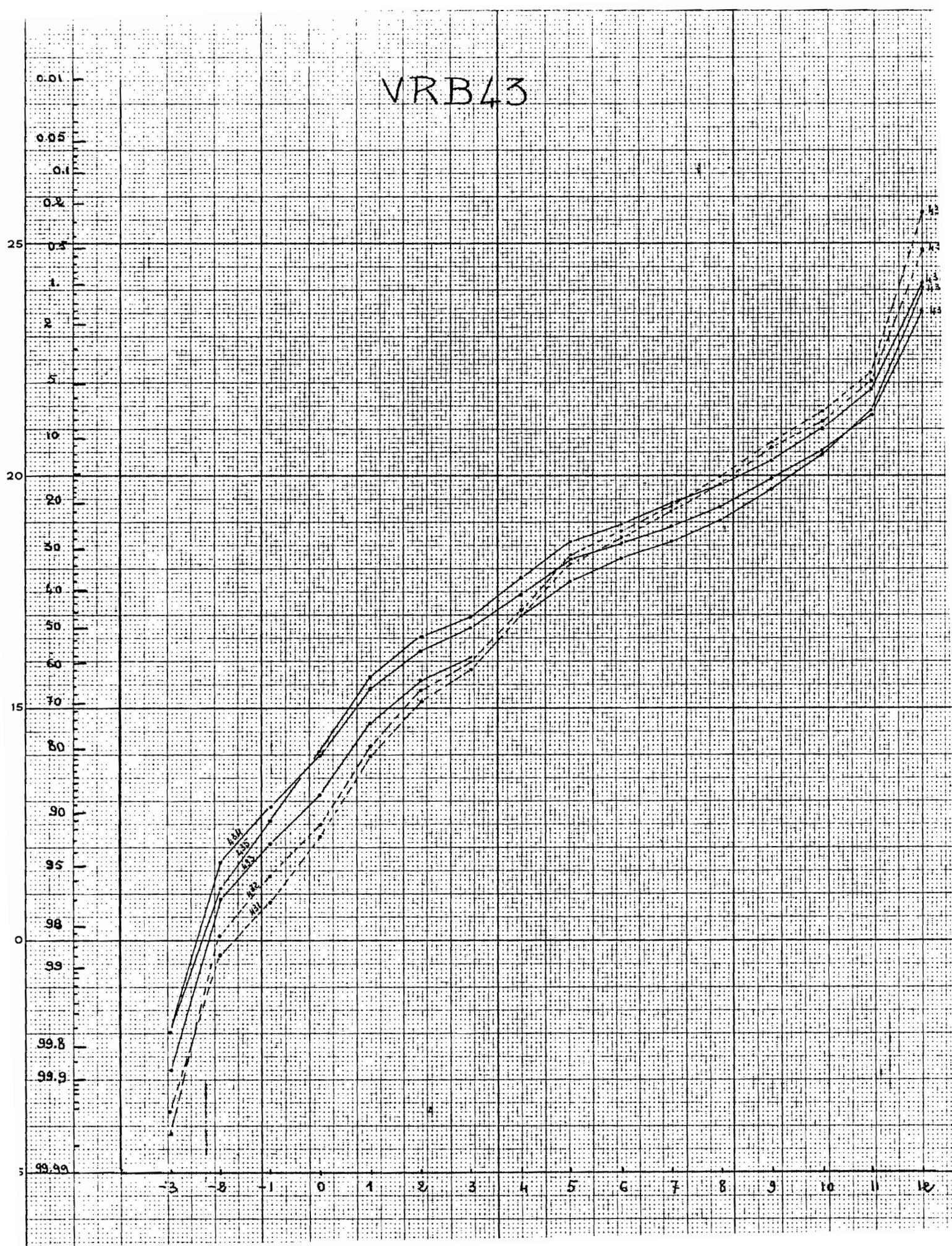
VRB 20



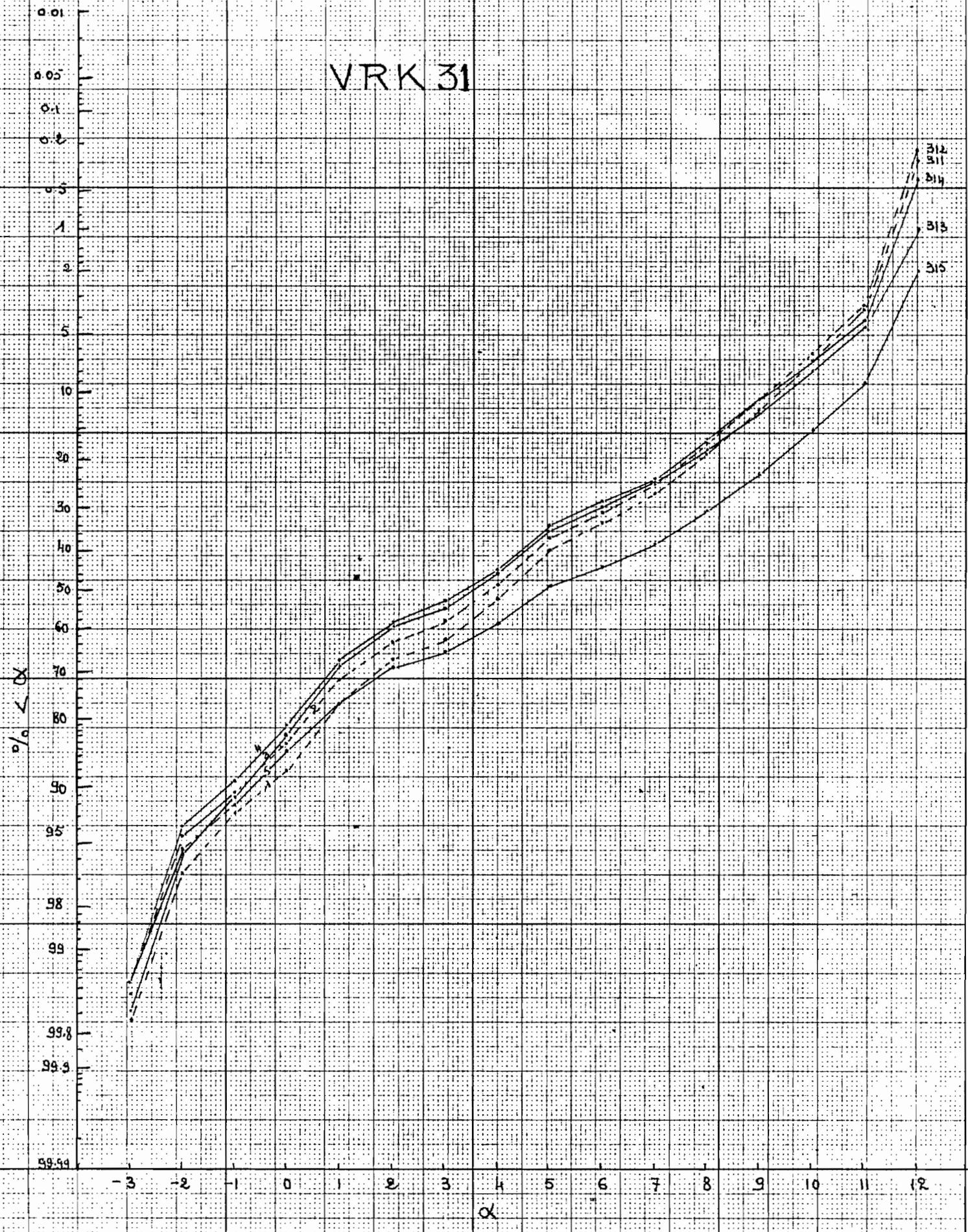
VRB 27



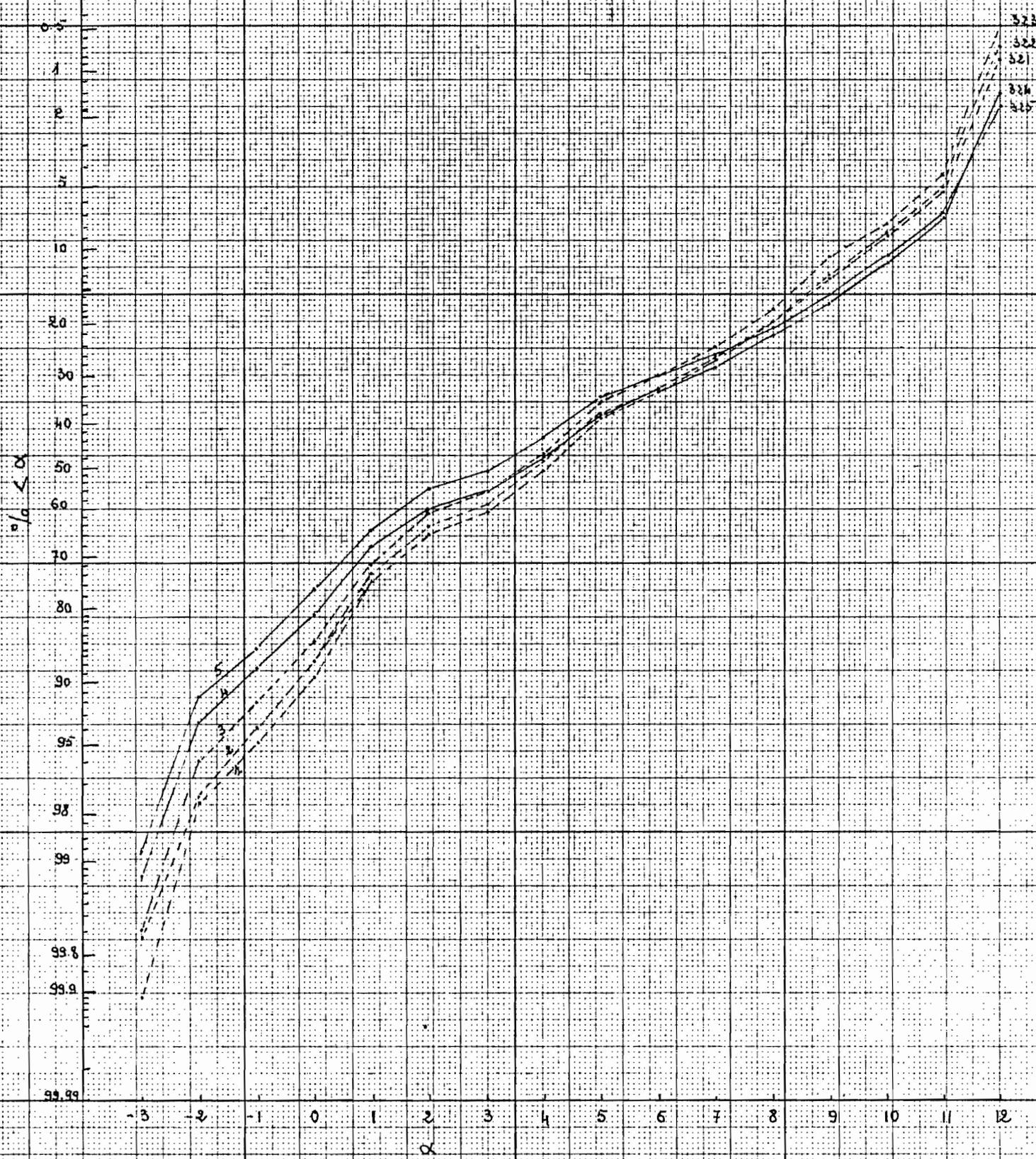
VRB43



VRK 31



VRK 32



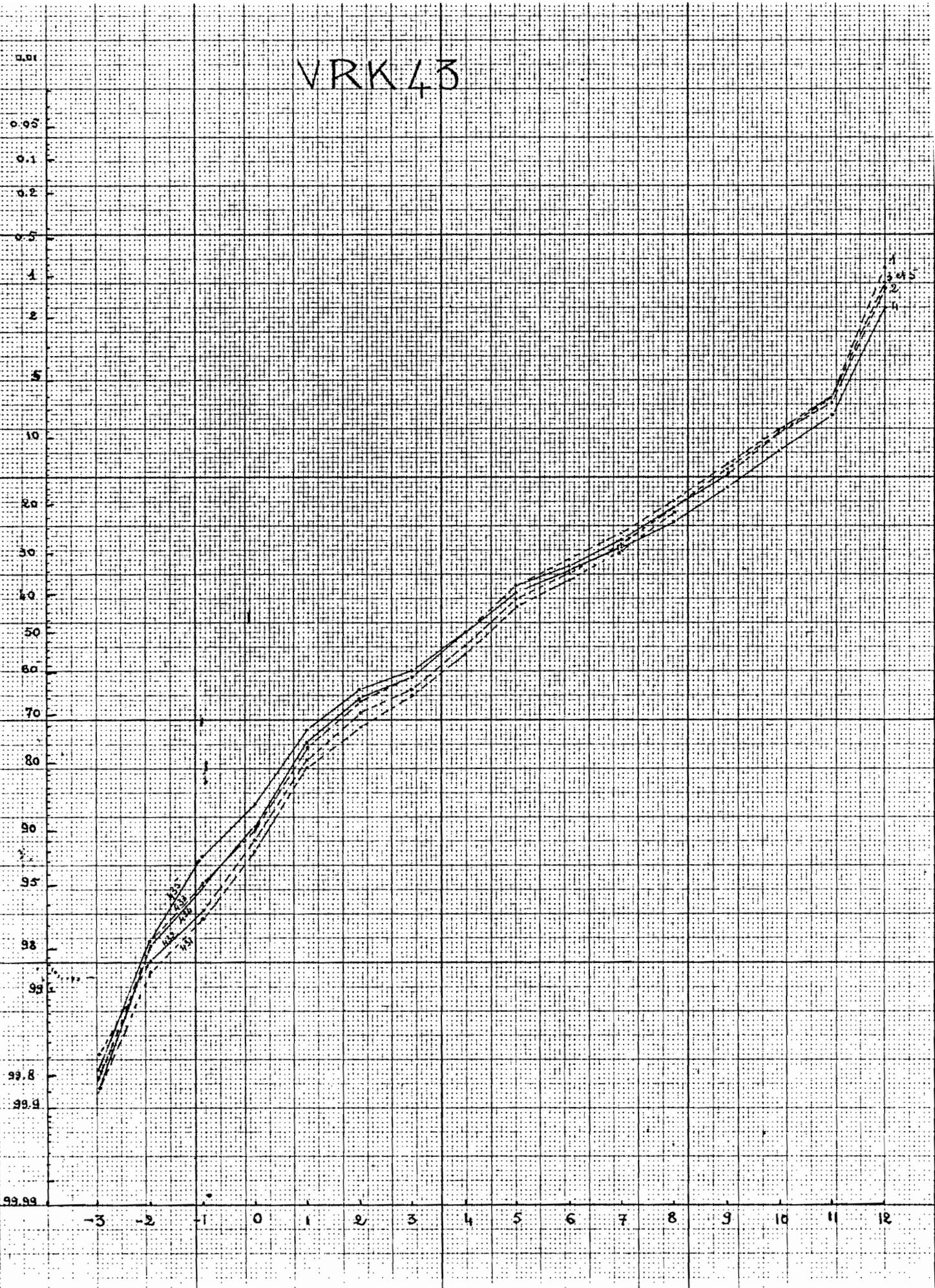
VRK 43

0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
95
98
99.8
99.9
99.99

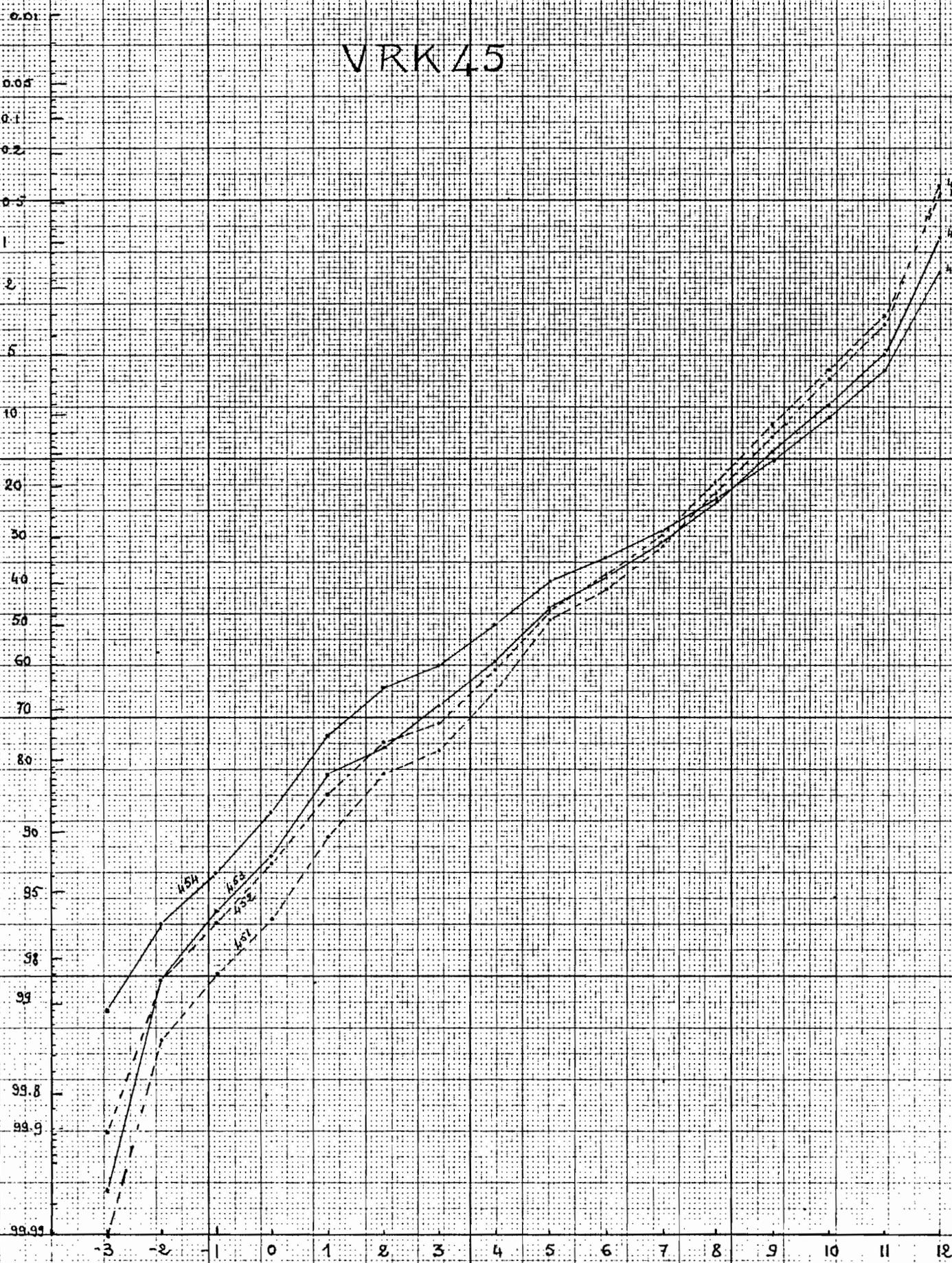
-3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

1
2
3
4

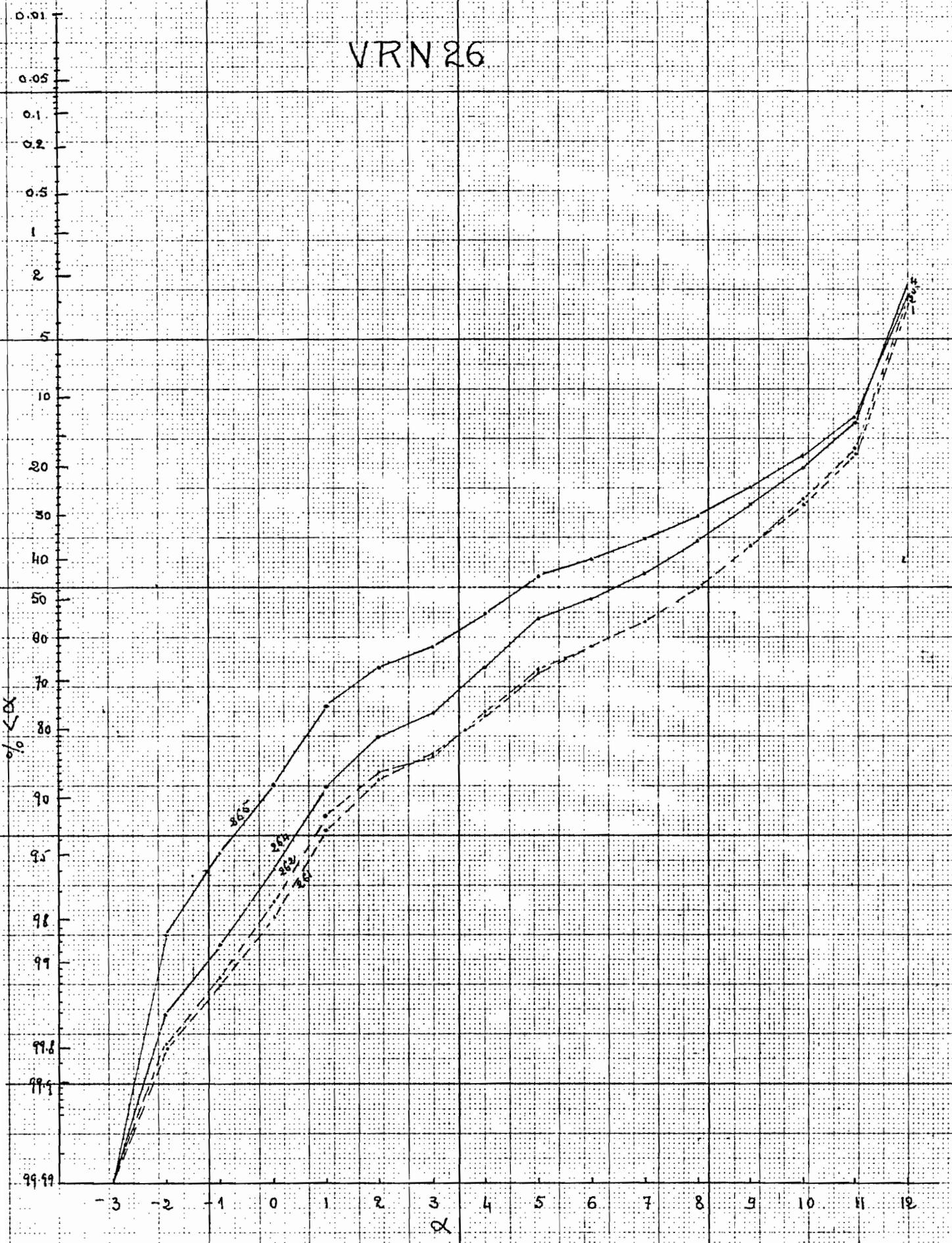
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5



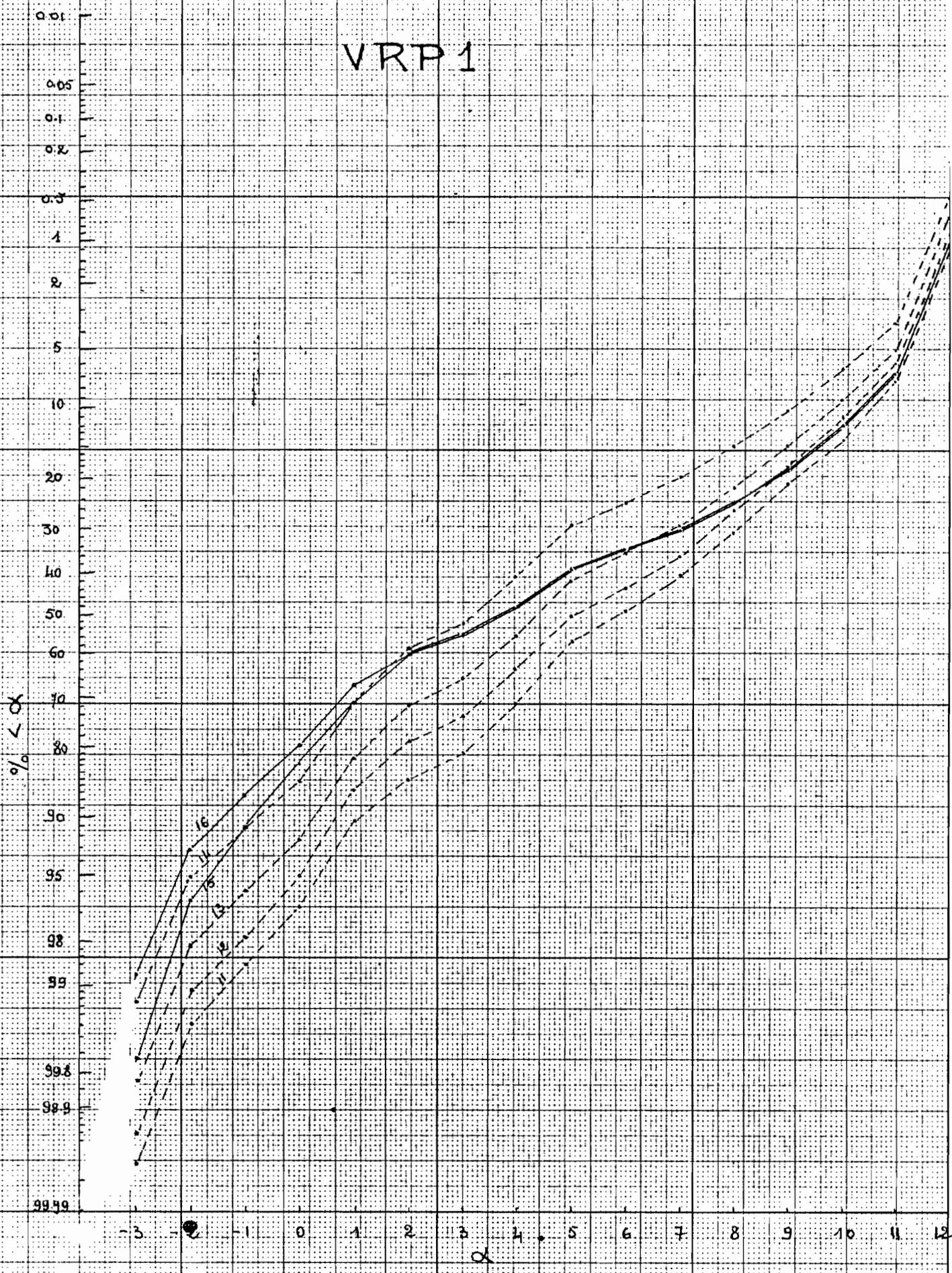
VRK45



VRN 26

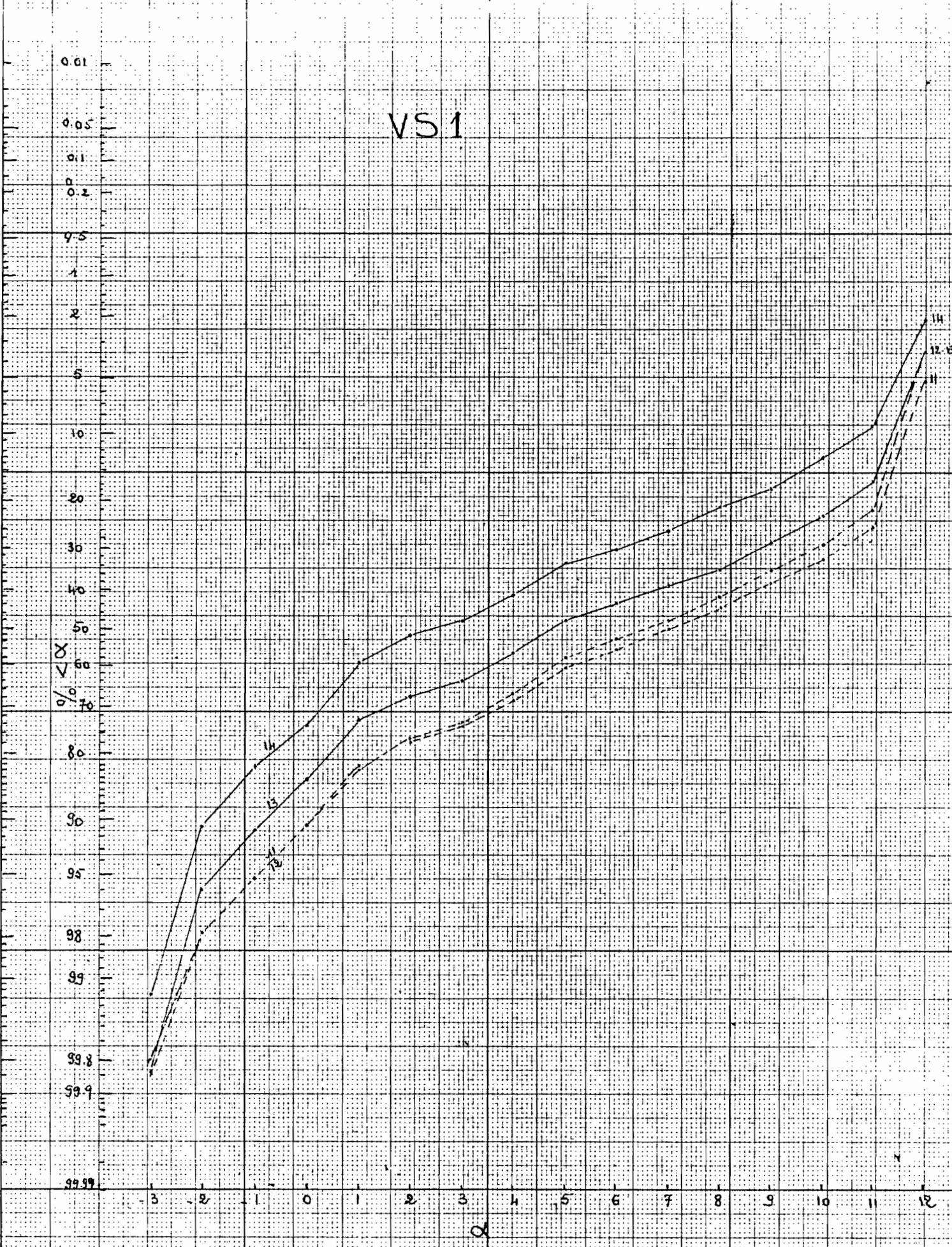


VRP 1



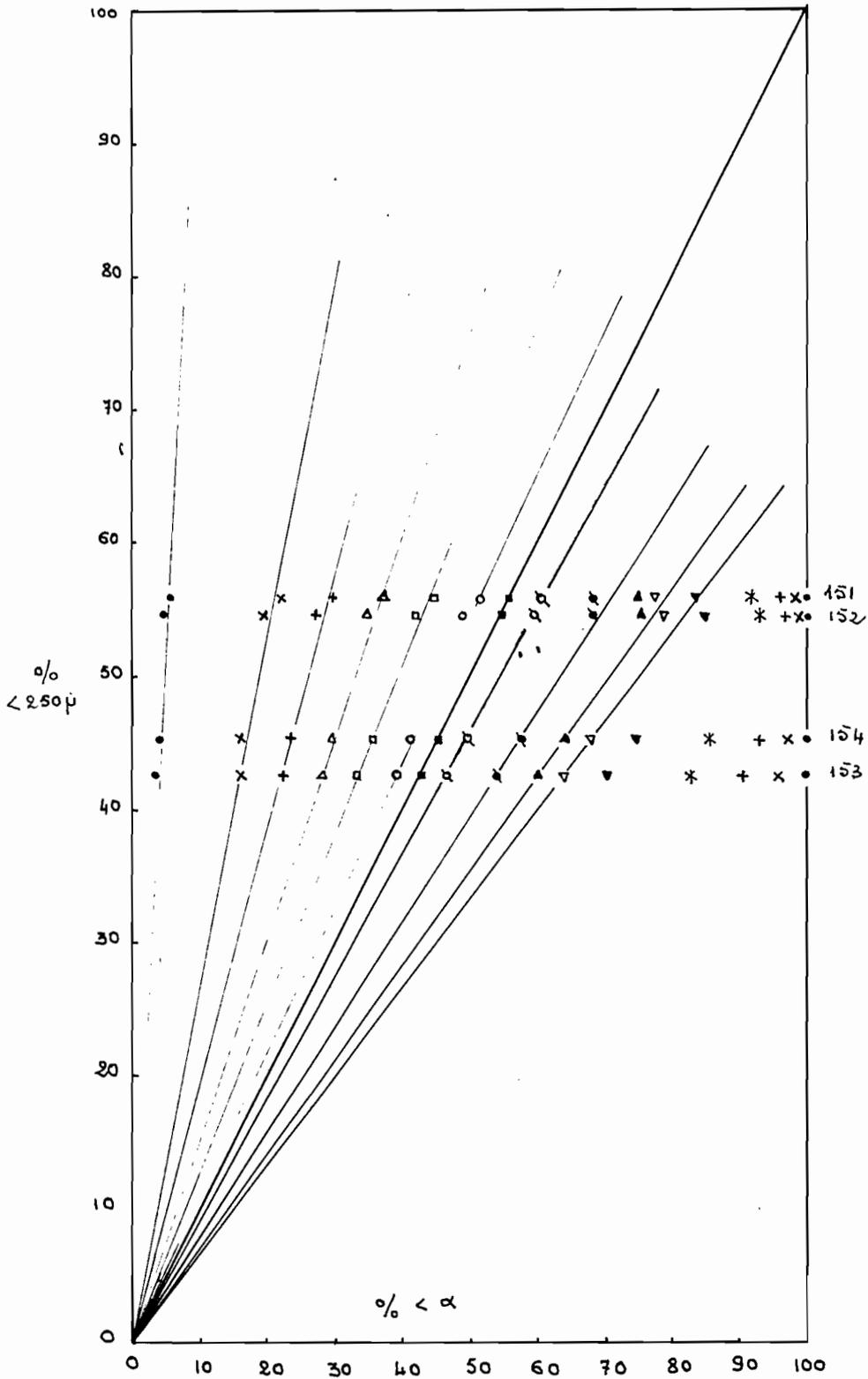
VS1

0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
95
98
99
99.8
99.9
99.99



VL15

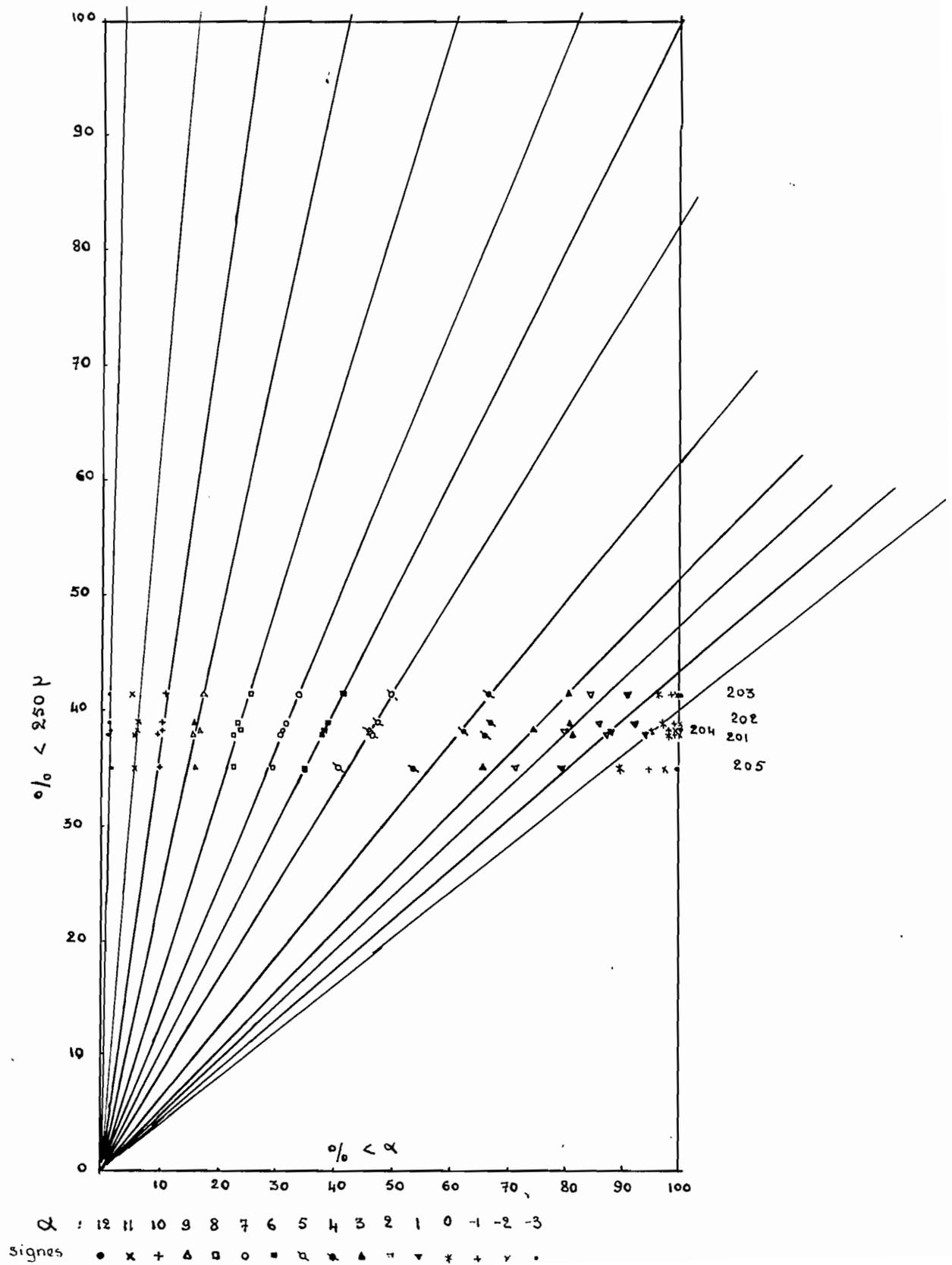
diamètre de référence : 250 μ



Signes : • x + Δ \square o \square ∇ ∇ * + x •
 α : 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3

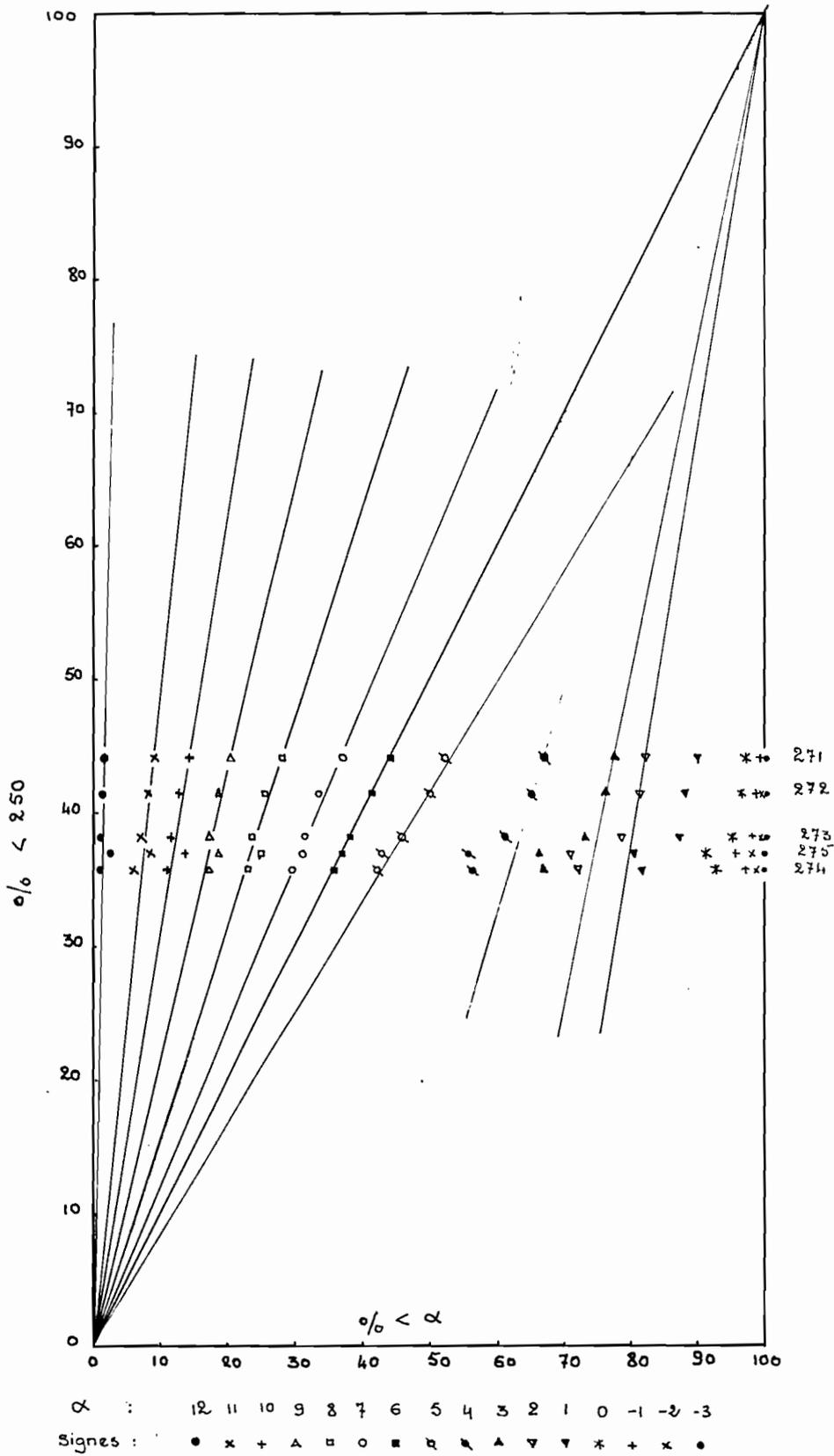
VRB 20

Diamètre de référence : 250 μ



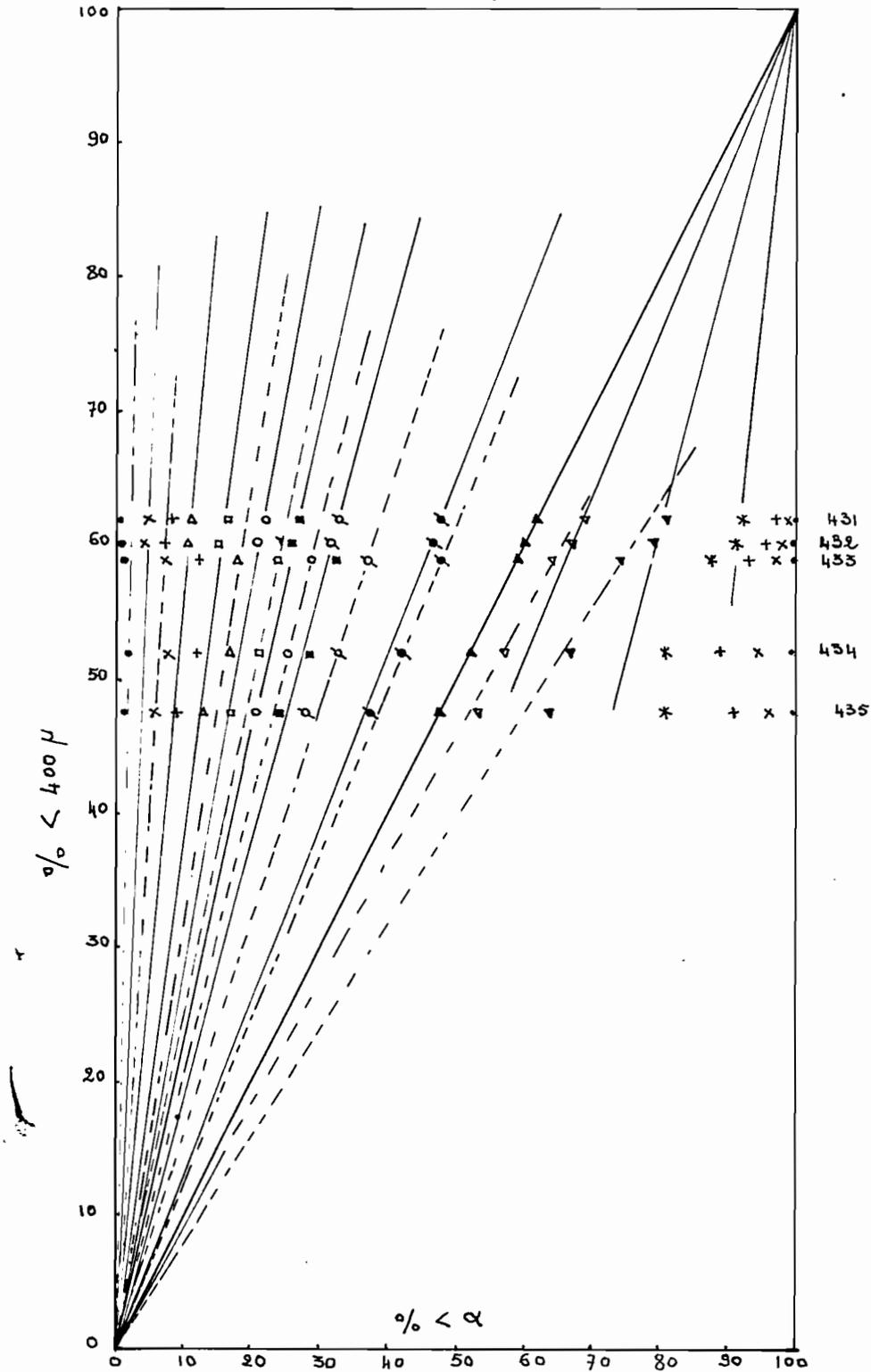
VRB 27

diamètre de référence : 250 μ



VRB43

diamètre de référence : 400 μ

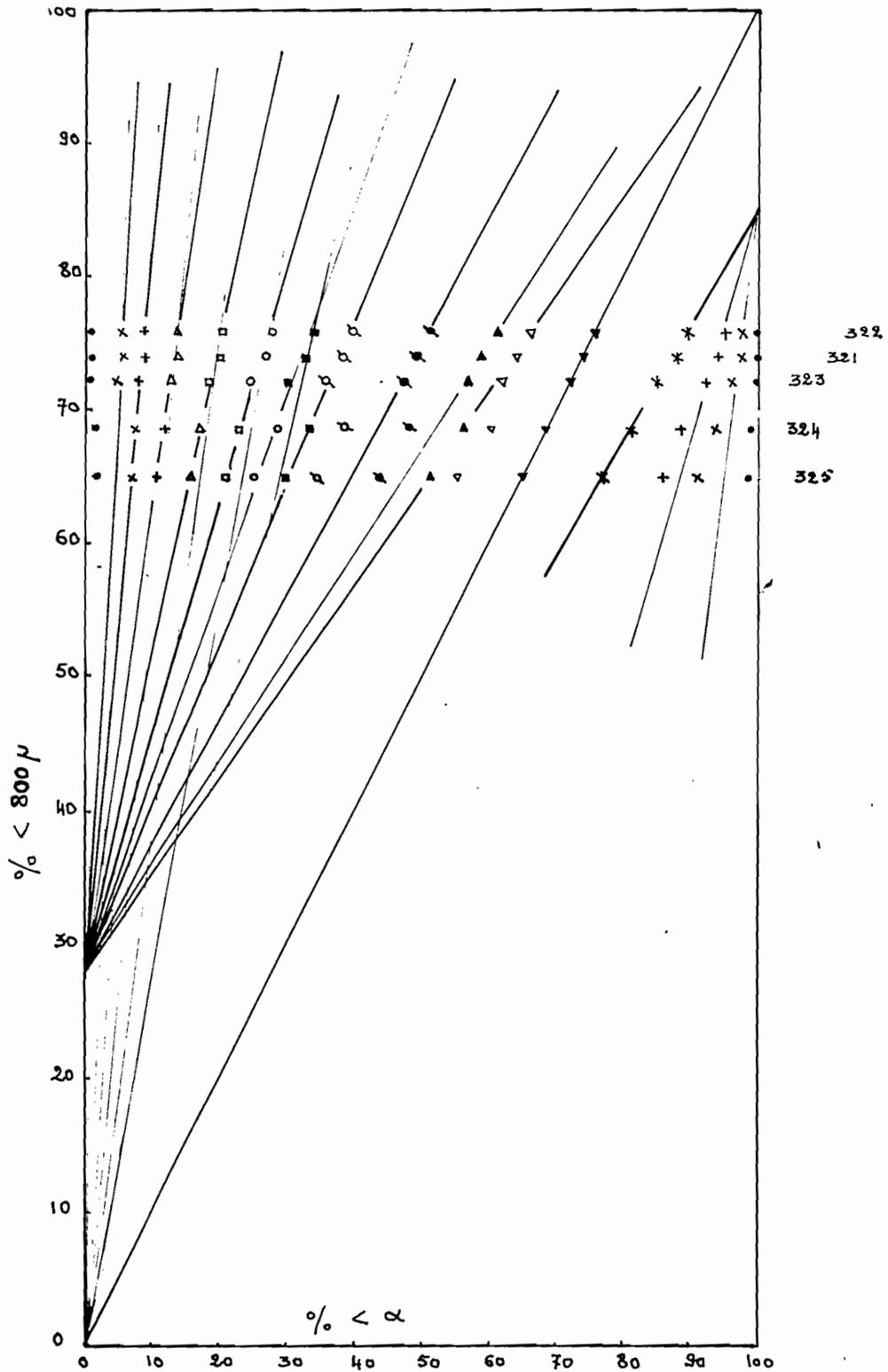


Signes • x + Δ □ ○ ◻ ◊ ▲ ▽ ▼ * + x •

α 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3

VRK 32

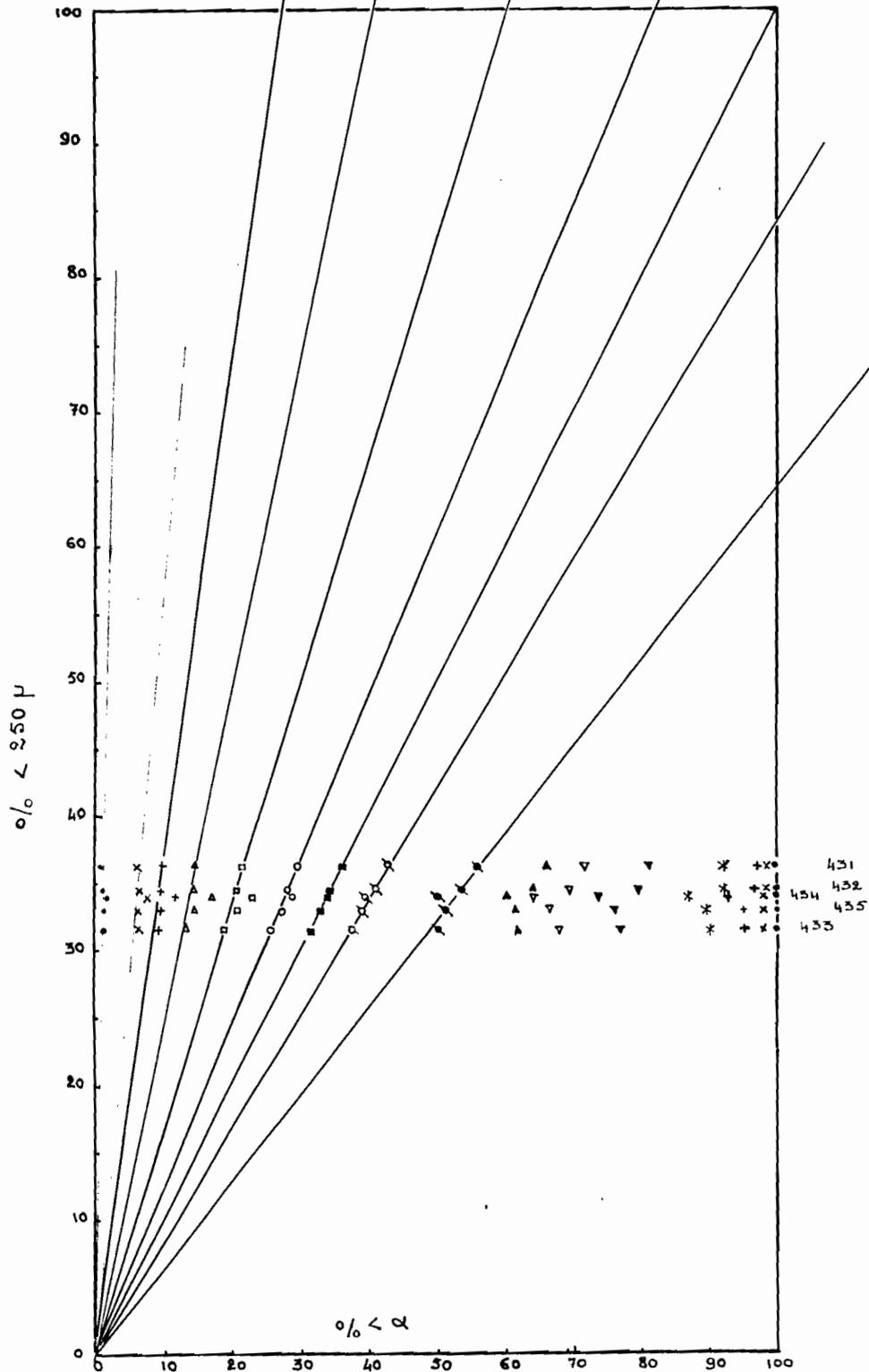
diamètre de référence : 800 μ



signes	•	x	+	Δ	□	○	◻	◊	▲	▼	▽	*	+	x	•	
α	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3

VRK 43

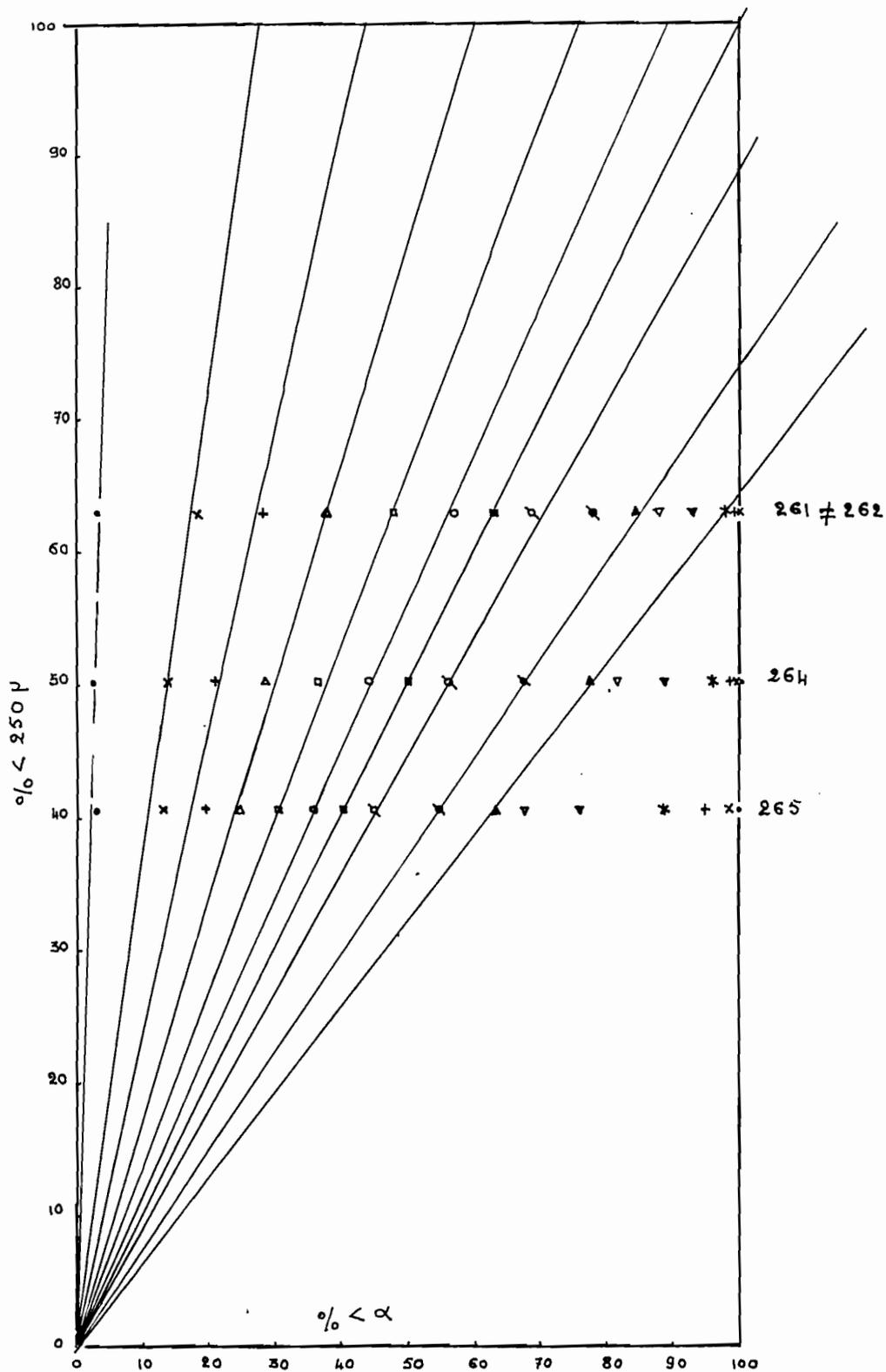
diamètre de référence : 250 μ



signes • x + Δ □ ○ ■ α ▽ ▾ * + x •
 α : 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3

VRN 26

diamètre de référence : 250 μ

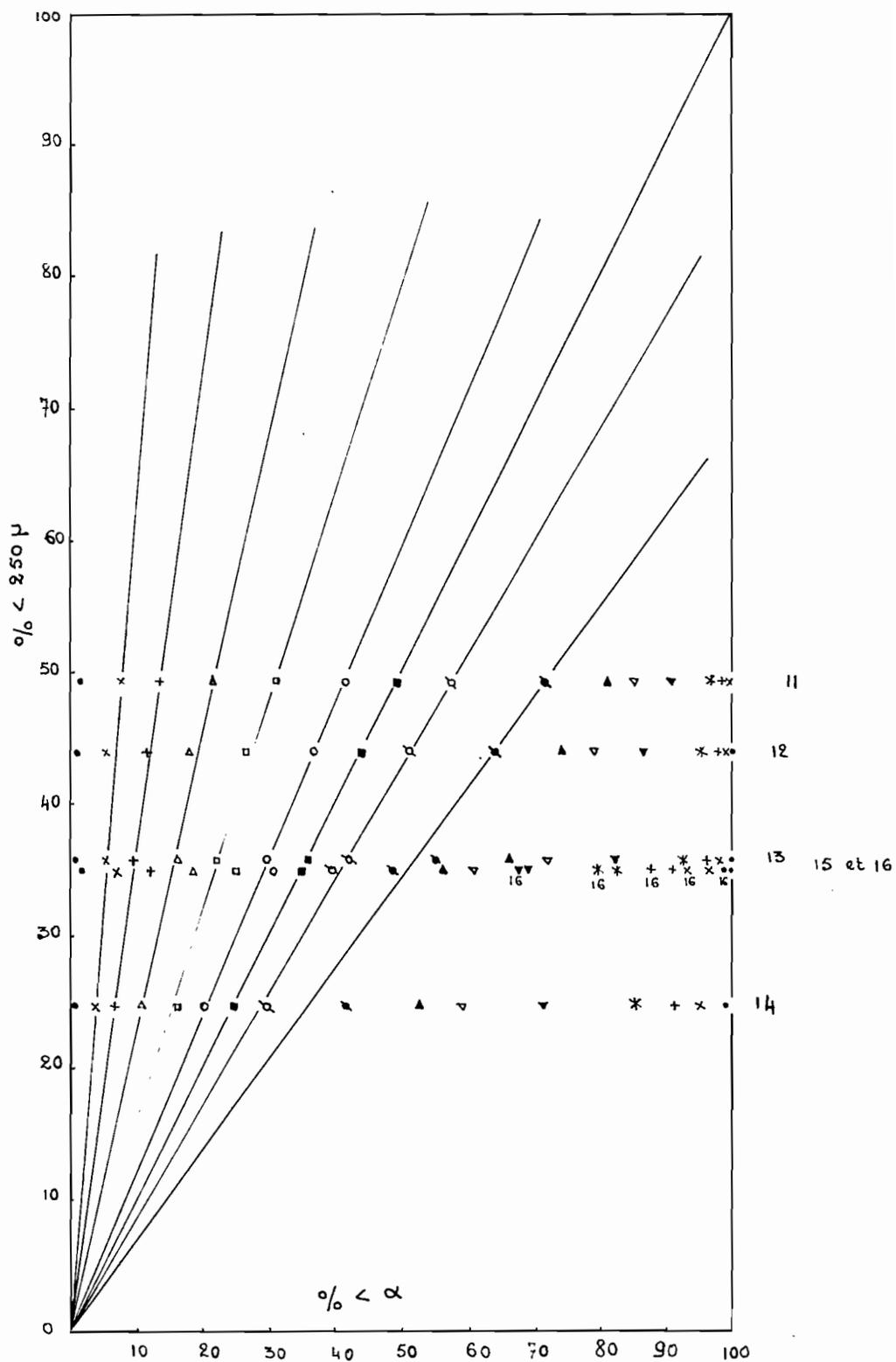


Signes : • x + Δ \square o \blacksquare \blacklozenge \blacktriangle \blacktriangledown \blacktriangledown * + x •

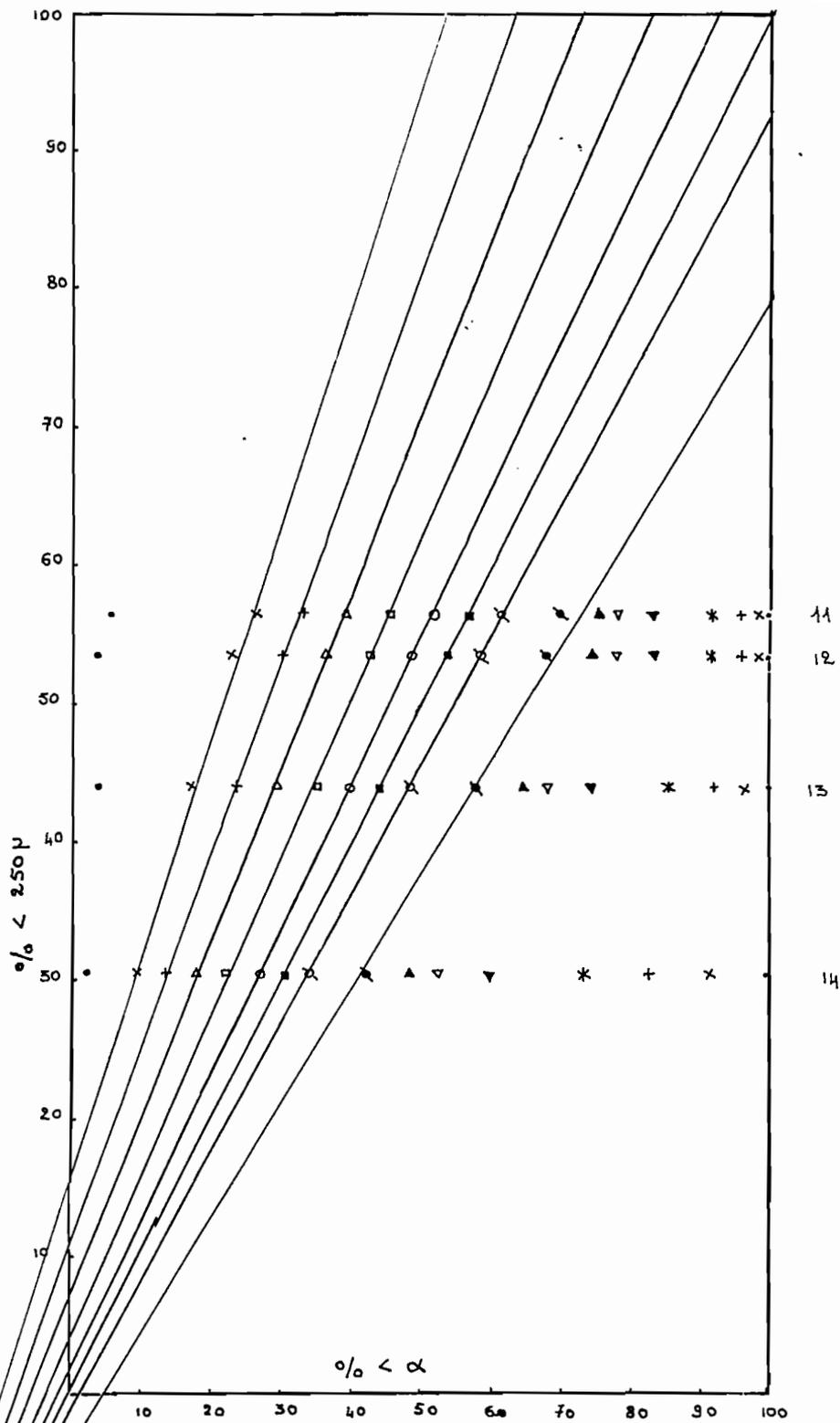
$\alpha = 12 \ 11 \ 10 \ 9 \ 8 \ 7 \ 6 \ 5 \ 4 \ 3 \ 2 \ 1 \ 0 \ -1 \ -2 \ -3$

VRP 1

diamètre de référence : 250 μ



signes: • x + Δ □ ○ ■ ◊ ◈ ▲ ▼ ▽ * + x •
 α : 13 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3



VS 1.

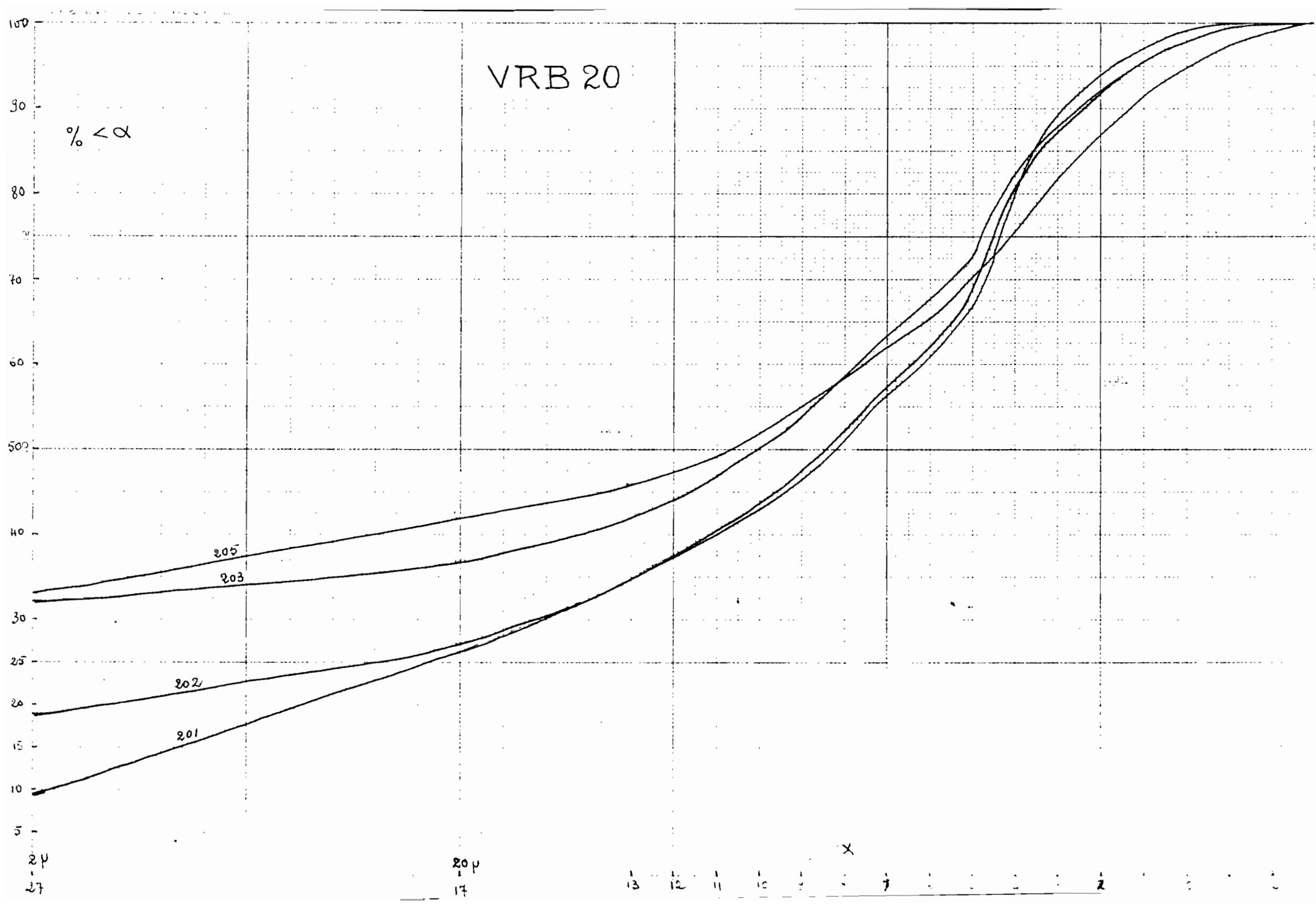
diamètre de référence : 250 μ

signes : • x + Δ □ ○ ■ ◊ ▲ ▼ ▽ * + x •

α : 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3

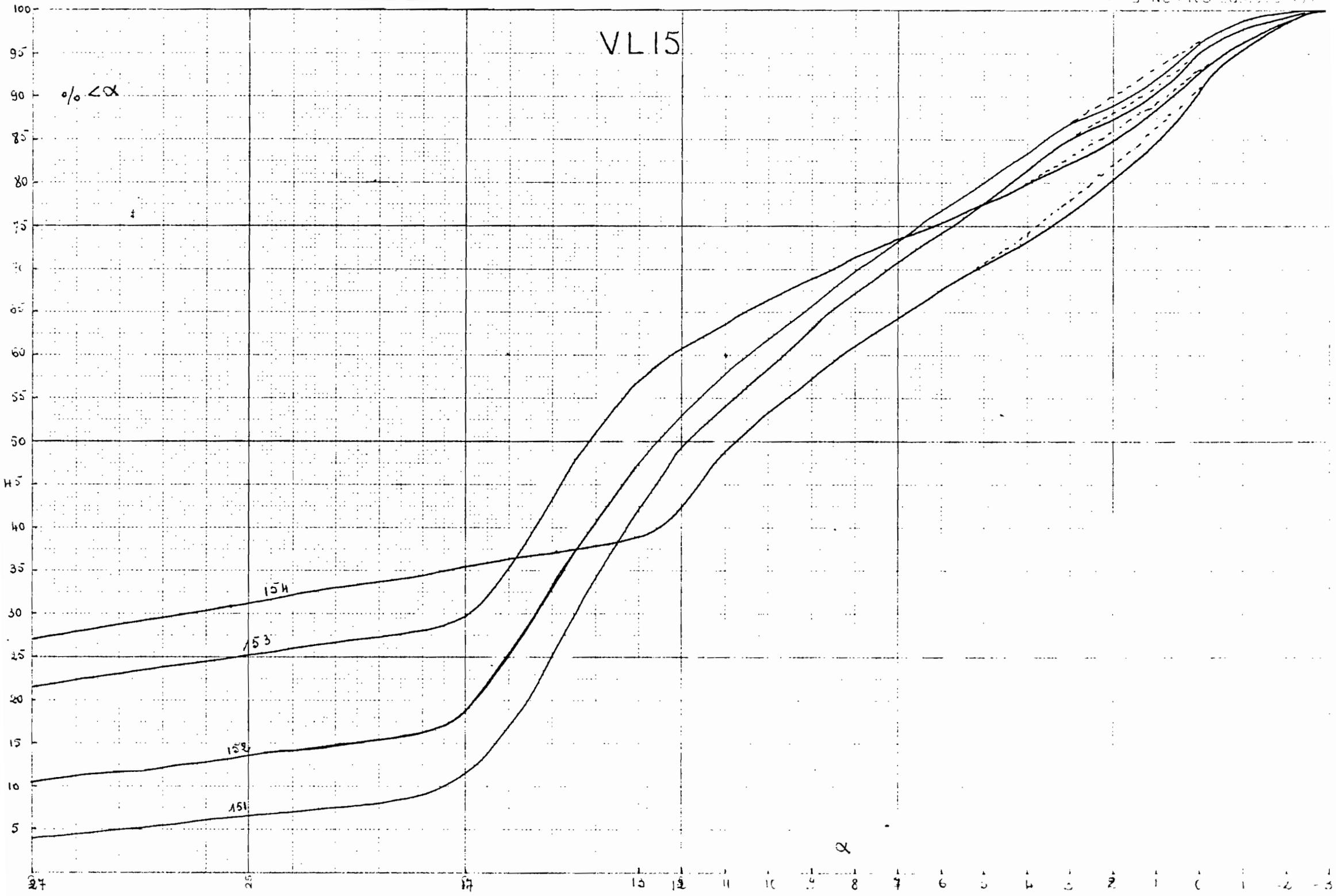
VRB 20

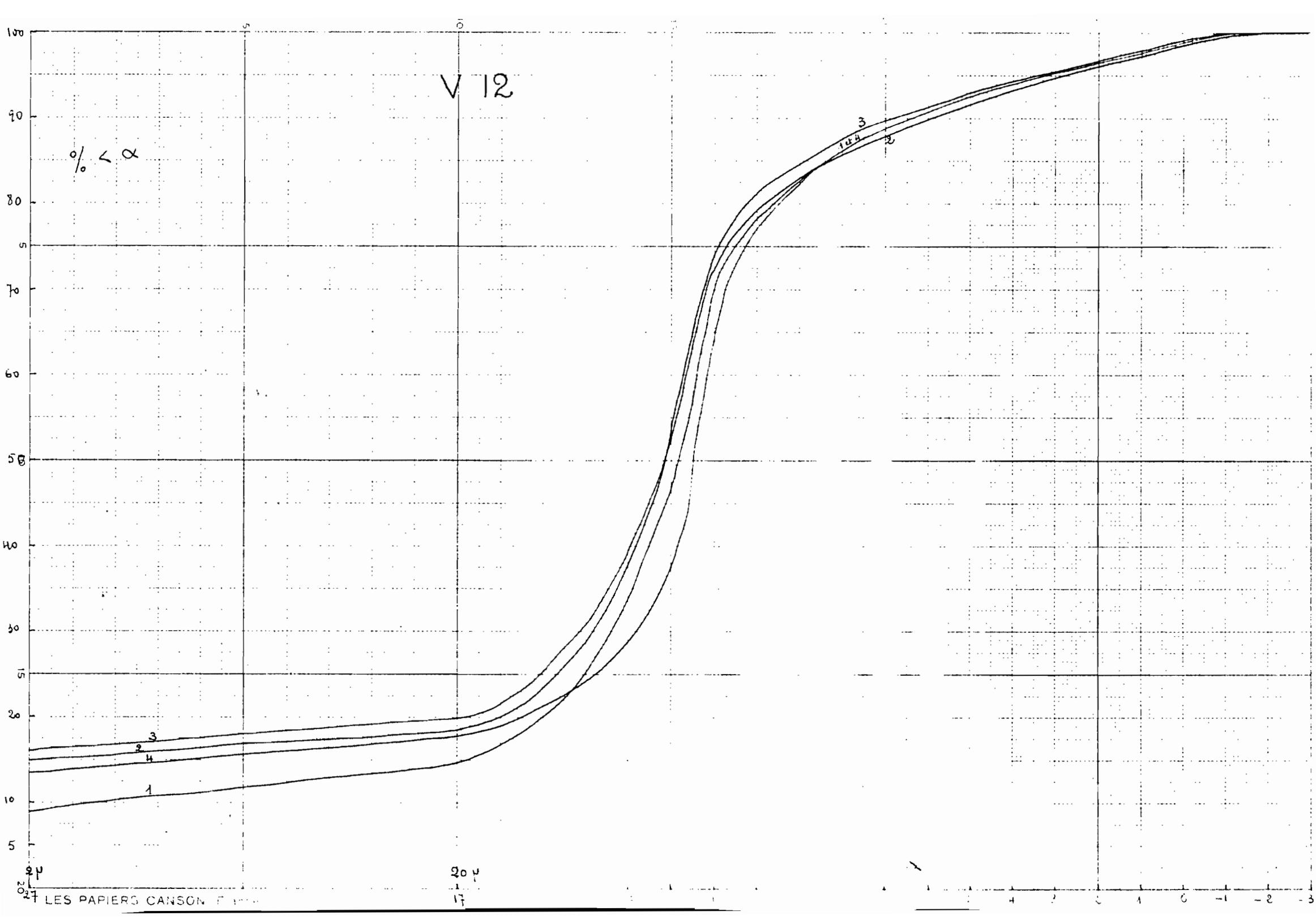
% α



VL 15

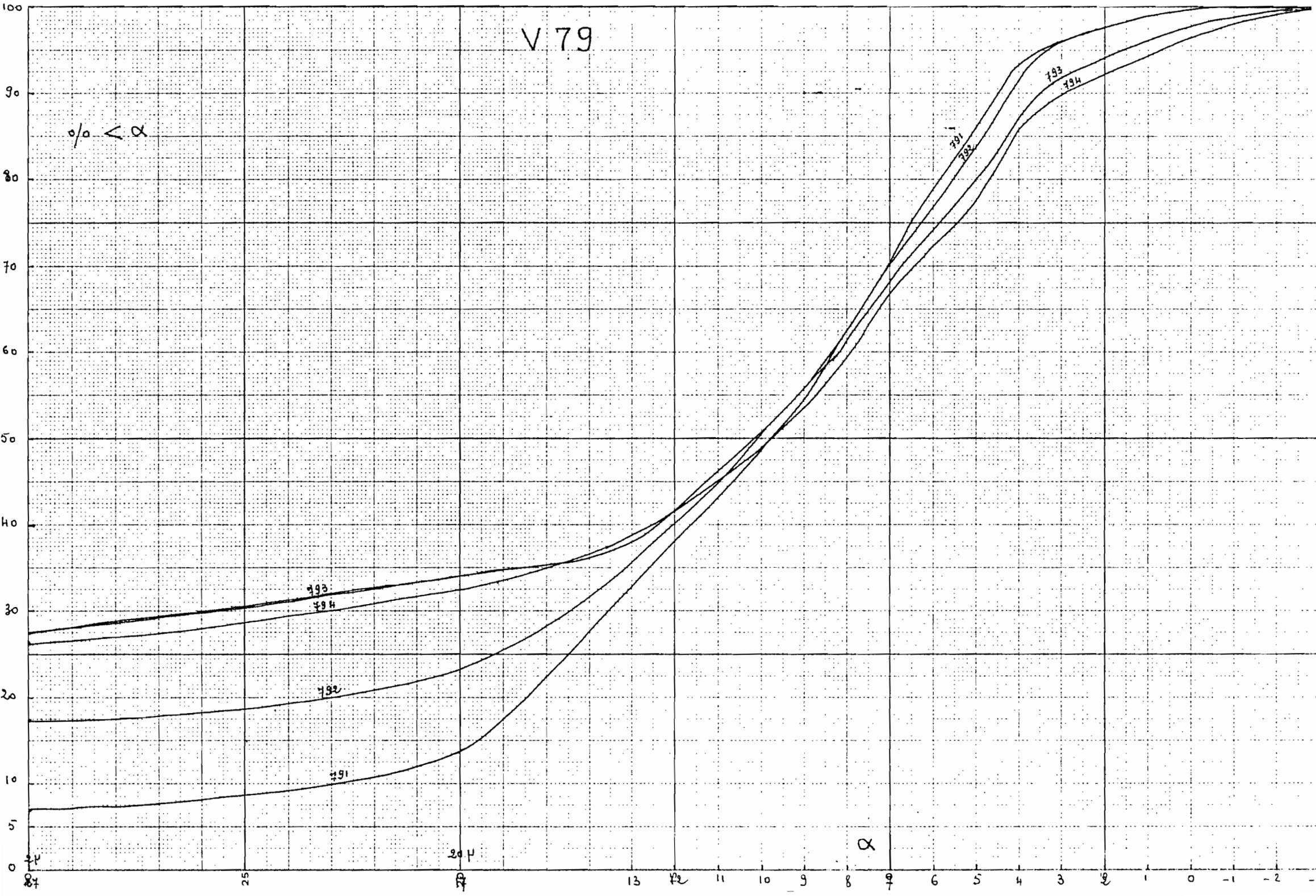
% α





V 79

$\alpha < \alpha$



VRN 26

% < α

265

264

262

281

α

27

20 μ

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

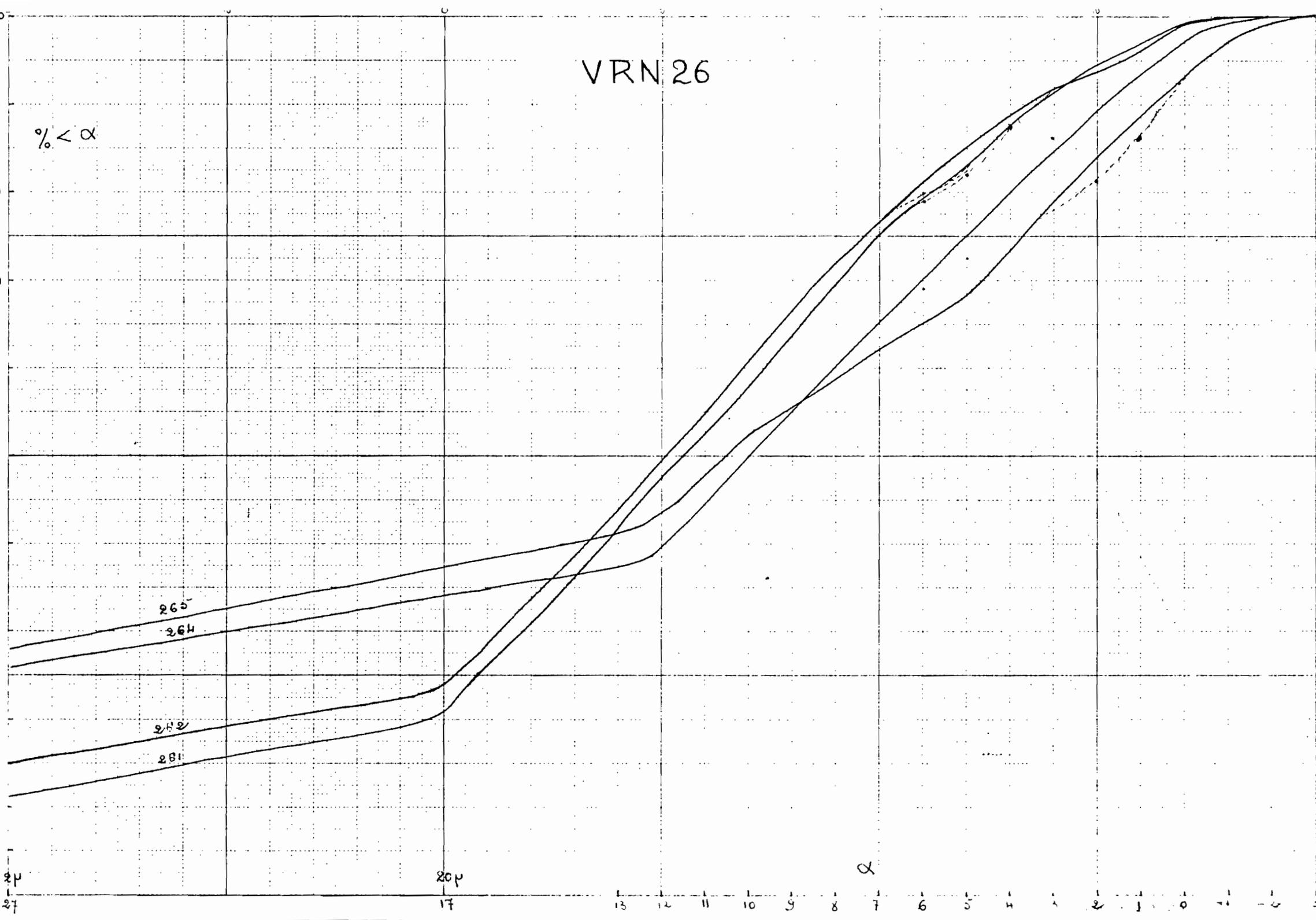
1

0

-1

-2

3



VRB 27

$\% < \alpha$

