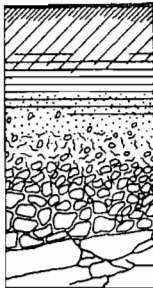


RÉPUBLIQUE DE HAUTE-VOLTA
Ministère de l'Économie Nationale
Direction du Génie Rural

N° de Convention O. R. S. T. O. M. : 6500/140
N° de Convention local : 5/61 ECNA/G/R
Origine du Financement : F. A. C.
Exercice Budgétaire concerné : 1960
Date de parution du Rapport : Déc. 1963

**RECONNAISSANCE
PÉDOLOGIQUE DES BASSINS
VERSANTS DES
VOLTAS BLANCHE ET ROUGE**

I - ÉTUDES PÉDOLOGIQUES



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE RECHERCHES PÉDOLOGIQUES DE HANN-DAKAR



RECONNAISSANCE PEDOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS
DES VOLTAS BLANCHE ET ROUGE

Par

B. KALOGA

Ingénieur Agricole
Pédologue O.R.S.T.O.M.

I - ETUDE PEDOLOGIQUE

Novembre 1964

- T A B L E S -

AVANT - PROPOS	p. 1
<u>1ère PARTIE : ETUDE DU MILIEU NATUREL</u>	
I - SITUATION GEOGRAPHIQUE	p. 6
II - CLIMAT	p. 8
A. Caractéristiques générales	p. 8
B. Caractéristiques pédogénétiques.....	p. 10
III - VEGETATION	p. 14
IV - GEOLOGIE	p. 18
A. Géologie Générale	p. 18
B. Principales Formations des Bassins-Versants	p. 21
C. Altération des roches et ses conséquences	p. 22
V - GEOMORPHOLOGIE	p. 26
VI - HYDROGRAPHIE SOMMAIRE	p. 33
<u>2ème PARTIE : E T U D E D E S O L S</u>	
I - INTRODUCTION	
A. La Légende cartographique	p. 34
B. Les Eléments de la fertilité	p. 35
C. La Classification des sols	p. 40
II - ETUDE DE FAMILLE DE SOLS	
A. Lithosols	p. 45
B. Sols peu évolués d'apports	p. 48
B ₁ bien drainés intergrades vers les sols ferrugineux tropi- caux sur alluvions sableuses	p. 48
B ₂ mal drainés	p. 48
sur cailloux pegmatitiques	p. 48
sur sables et granites	p. 50
sur graviers schisteux	p. 50
C. Vertisols et Paravertisols	p. 51
C ₁ Vertisols Hydromorphes à horizon de surface à structure fine Vertisols moyennement structurés sur argiles lourdes	p. 52
C ₂ Vertisols lithomorphes à horizon de surface à struc- ture fine Vertisols Moyennement structurés sur argiles lourdes.....	p. 54

D. Les Sols à Mull	p. 63
D ₁ . Les Sols Bruns eutrophes vertiques	p. 63
- sur argile d'altération de schiste	p. 63
- sur argile d'altération de granite	p. 67
E. Les Sols Halomorphes	p. 74
Sols à structure modifiée - Sols non lessivés à alcalis à faible teneur en sels solubles	p. 74
- sur argile finement sableuse	p. 75
- sur matériau argilo-sableux	p. 79
F. Les Sols Hydromorphes	p. 84
F ₁ . Sols à Hydromorphie de surface ou d'ensemble	p. 85
F _{1.1} . Pseudogley de surface ou d'ensemble à tache	
- sur alluvions argileuses	p. 85
- sur alluvions limono-sableuses à sablo-limoneuses	p. 87
- sur argile à recouvrements	p. 88
F _{1.2} . Pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions (et taches)	p. 90
- sur arène granitique argilo-sableuse	p. 90
- sur arène granitique gravelleuse	p. 97
- sur argile verticale et gravillons	p. 100
- sur gravillons et cailloux	p. 106
F ₂ . Sols à pseudogley de Profondeur	p. 107
F _{2.1} . Pseudogley à concrétions (et taches)	p. 107
- sur arène granitique gravelleuse	p. 107
- sur gravillons à recouvrements divers	p. 109
- sur graviers et cailloux à recouvrements sableux....	p. 111
- sur arène granitique argilo-sableuse à recouvrements	p. 113
- sur alluvions sablo-argileuses à argilo-sableuses ..	p. 123
- sur gravillons ferrugineux et recouvrements	p. 126
F _{2.2} . Pseudogley à taches	
- sur argile à recouvrements	p. 127
- sur alluvions diverses	p. 129

III - CONCLUSIONS.

A. Conclusion à l'étude des familles de sols	p. 131
B. Lutte antiérosive	p. 132

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

Cette étude pédologique a été entreprise à la demande du Service du Génie Rural 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.

Convention N° 46/C/60/F.

Projet N° 275/D/60/VI/F/3

Souscrite le 15 Mai 1961

Approuvée le 18 Octobre 1961.

Notifiée le 25 Octobre 1961.

Les travaux d'exécution ont été confiés au Centre O.R.S.T.O.M. de Recherches Pédologiques de HANN (DAKAR).

La Mission Pédologique O.R.S.T.O.M., en HAUTE-VOLTA sous le contrôle de Monsieur FAUCK, Directeur du Centre de Recherches Pédologiques de HANN était dirigée par B.KALOGA pédologue de l'O.R.S.T.O.M.

I°/ Prospection.

Les travaux de prospection se sont déroulés en 2 campagnes pédologiques supervisées par des inspections de Monsieur FAUCK.

Calendrier des travaux :

a/- Campagne 1961-1962 : Cartographie de 700.000 ha environ sur la Volta Blanche.

- 25 Novembre au 22 Décembre 1961 : travail de prospection effectué par G.CLAISSE et B.KALOGA et destiné à une reconnaissance des 3 principaux axes routiers.

Le travail de prospection proprement dit a commencé en Janvier 1962.

- 8 au 20 Janvier 1962 : B. KALOGA.
- 20 Janvier au 12 Février : B. KALOGA & D. AW Pédologues avec tournée d'inspection de Mr. FAUCK du 8 Janvier au 1er Février.
- 12 Février au 28 Mars : B. KALOGA, D. AW Pédologues et MERCKY Agent Technique.
- 28 Mars au 11 Mai : B. KALOGA & P. MERCKY.

b) - Campagne 1962-1963 :

Cartographie de 500.000 ha sur la Volta Rouge, 100.000 ha sur la Volta Blanche et vérifications supplémentaires sur la Volta Blanche dans les zones de BOUEMA, LENGA, KAIBO, ZOUNGOU prospectées en 1961-1962.

- 1er au 19 Janvier : MM. FAUCK & P. MERCKY
- 19 Janvier au 11 Mai : B. KALOGA & P. MERCKY.

2°/ Cartographie :

Le travail de photo interprétation avec délimitation des différents types de sols sur les photos au 1/50.000è - d'après le regroupement des observations de terrains - a été assuré par B. KALOGA avec la collaboration technique de P. MERCKY qui s'est chargé de la localisation d'une partie des pistes et des profils sur les photos au 1/50.000è.

Les limites de sols portées sur les photos ont été réduites au 1/200.000è par G. ALBOUCQ (Service de Cartographie du Centre de Recherches Pédologiques de HANN) qui a exécuté le dessin définitif.

3°/ - Laboratoire.

Les analyses physiques et chimiques ont été effectuées au Centre de Recherches Pédologiques de HANN par G. ARYAL, B. FONSECA, N. N'DIAYE avec C. BARBOZA, G. GUEYE, H. SANE, A. SANA sous la responsabilité de Mlle C. THOMANN Chimiste.

Les analyses d'argiles ont été effectuées par le Laboratoire de Géologie et de Paléontologie de l'Université de Strasbourg.

Les analyses triacides et les bases totales ont été effectuées par le Laboratoire des sols de l'Institut d'Etudes et de Recherches Tropicales de l'O.R.S.T.O.M. à BONDY.

4°/ Difficultés rencontrées

a) Difficultés de pénétrations : Elles étaient prévisibles.

Le périmètre de prospection a été en effet soigneusement délimité en y incluant les zones de répulsion et en excluant toutes les zones d'attraction.

Le but de la prospection était précisément la reconnaissance de zones inhabitées et partant très difficilement pénétrables et dont l'intérêt résidait justement dans leur méconnaissance. Il nous a fallu ouvrir de nombreuses pistes à la boussole, ou suivre des pistes-piétons à cheminement très difficile et dont le repérage sur les photos s'averait souvent difficile sinon impossible. Par ailleurs les zones de prospection formant une bande étirée le long des des Voltas, cela nous obligeait soit à des déplacements de campements fréquents (pertes de temps), soit à des trajets campements - lieu de travail longs et pénibles - Il fallait souvent autant de temps de parcours que de temps pour décrire les profils : d'où de trop longues journées de travail.

Les déplacements trop fréquents nécessitent des changements aussi fréquents d'équipes de manoeuvres d'où de nouvelles pertes de temps.

On aura une idée, des difficultés de pénétration en pensant que la pose des manoeuvres (parcours + pose des manoeuvres) exigeait couramment la demi journée (7 à 12h), parfois plus, par ailleurs il faut compter trois à quatre heures vue la dureté des sols pour que les manoeuvres aient atteint une profondeur interprétable : Im50 à Im70.

D'autre part la nature des sols (durcissement ou présence d'horizons gravillonnaires, ou gravelleux et caillouteux) ne permettait que très rarement l'emploi de la sonde prévu à l'article 5 de la Convention. Ainsi, sur les quel-

ques mille profils réalisés il n'y a pas plus d'une centaine de sondages.

L'érosion régressive transformant les marigots en ravins très profonds parfois infranchissables ou en tout cas nécessitant un travail d'aménagement pour le passage, les pannes fréquentes de véhicules dues au travail difficile qu'on leur imposait, viennent s'ajouter à la liste des difficultés de terrain .

b) Manque de documents de base :

Lorsque nous avons commencé la cartographie de la feuille de TENKODOGO (Volta blanche), nous ne disposions que de la carte provisoire de 1946, dont la plupart des pistes ne correspondent plus à rien et dont surtout de nombreux noms de villages sont faux ou décalés. Par la suite pour la 2^o campagne nous avons pu disposer du nouveau fond planimétrique, hélas muet, dressé par le Service Géographique de DAKAR.

Au point de vue géologique, concernant les feuilles de TENKODOGO (Volta Rouge et Volta blanche) et de PÔ (Volta Rouge) soit environ 900.000ha: les trois quarts de la superficie à prospecter, nous ne disposions que d'une esquisse au 1/500.000^e dressée par J. SAGATZKY en 1932-1937 et imprimée en 1948.

c) Difficultés de Cartographie.

L'érosion de la dernière surface cuirassée est le point de départ de la mise en place de nos différents sols : l'importance du colluvionnement si on en juge par l'hétérogénéité qu'il implique toujours, rend compte déjà des difficultés de Cartographie, et il faut ajouter à cela la complexité du birrinion, les sols étant en relation étroite avec le socle géologique dès que celui-ci affleure. La photointerprétation, si elle est toujours d'un bon secours, nécessite pour avoir une précision acceptable de nombreuses vérifications : ainsi, les roches tendres et imperméables se comporteront de la même façon vis à vis de l'érosion et tendent à donner un aspect morphologique identique; les sols

apparaissant hydromorphes vont de la cuirasse aux vertisols sans qu'il soit souvent possible de les différencier avec certitude sans des vérifications de terrains. Citons aussi l'exemple des sols gravelleux ou squelettiques sur granites pegmatitiques qui peuvent présenter une morphologie très plane, hydromorphe, accompagnée d'une dissection assez intense par les rivières qui permet une confusion avec les vertisols.

Par ailleurs, l'interprétation photographique de toute cette zone est rendue très difficile et très imprécise par la platitude d'ensemble, la constance des recouvrements superficiels qui masquent les caractéristiques des matériaux, la tendance du mauvais drainage constant en surface, sauf pour de rares exceptions.

C'est pour ces raisons que nous avons dû augmenter le nombre des observations et essayer de pénétrer dans toutes les zones malgré les grosses difficultés que cela présentait.

5°/ Résultats

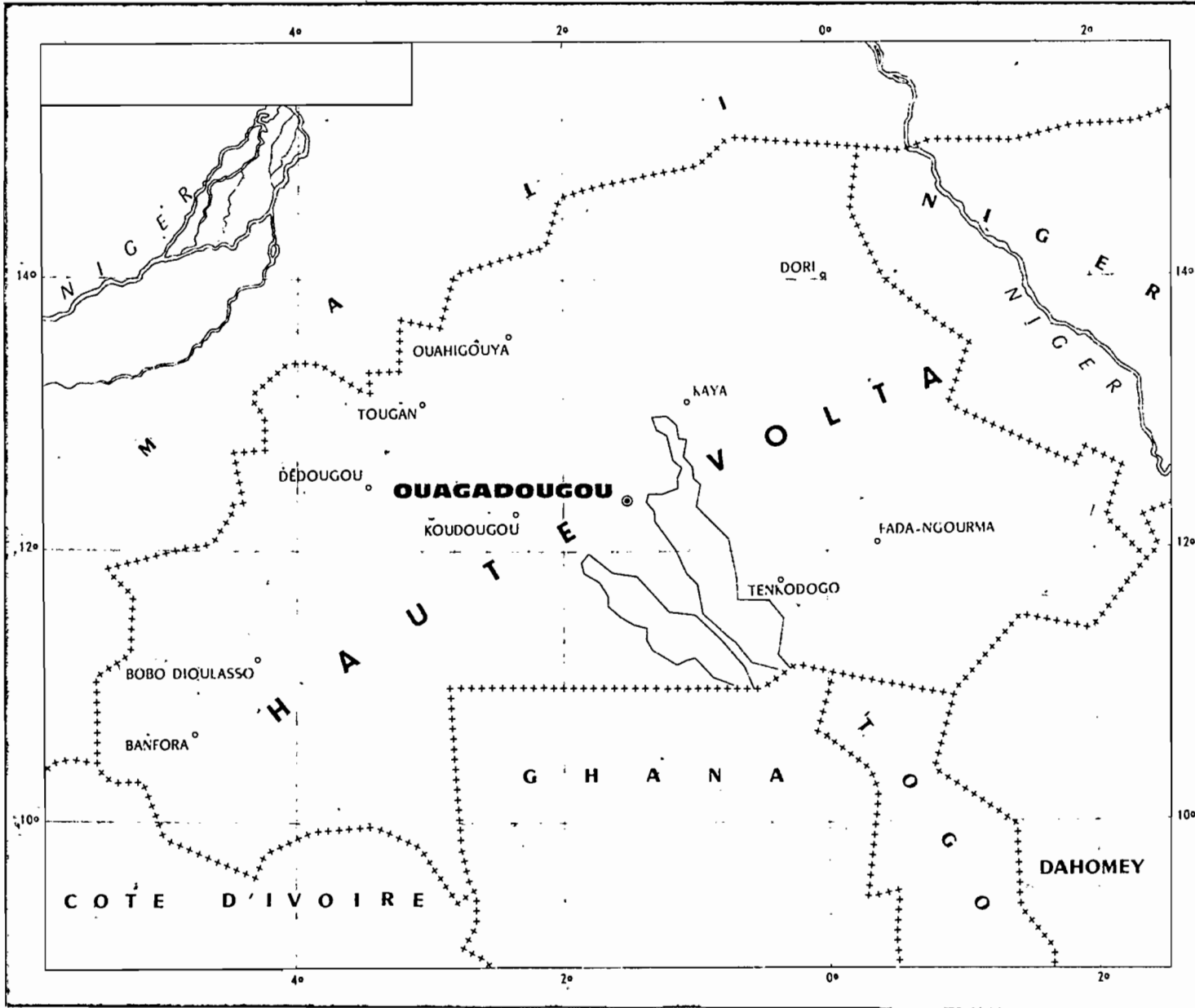
Réalisation de 1200 profils dont une centaine seulement sont des sondages, les autres sont des trous réalisés par les manoeuvres à des profondeurs interprétables. 590 échantillons ont été prélevés en vue d'analyses complètes tant physiques que chimiques. Les quelques échantillons qui n'ont pas été soumis aux analyses physiques sont ceux dont la nature ne se prête pas à l'exécution de ces analyses. De nombreuses études d'argiles aux rayons viennent compléter ces déterminations pour une meilleure connaissance des sols.

Ière P A R T I E

ETUDE DU MILIEU NATUREL

- I. SITUATION GEOGRAPHIQUE
- II. CLIMAT
- III. VEGETATION
- IV. GEOLOGIE : LES ROCHES ET LEUR ALTERATIONS.
CONSEQUENCES PEDOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES.
- V. GEOMORPHOLOGIE
- VI. HYDROGRAPHIE.
- VII UTILISATION ACTUELLE DES SOLS

On pourra se reporter aussi pour l'étude du milieu naturel à l'Introduction à l'étude des Voltas par Guy CLAISSE (Rapport O.R.S.T.O.M. Centre de Pédologie de HANN.



I - SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La République de HAUTE-VOLTA, territoire de l'Afrique Occidentale est comprise entre les 15^e et 10^e degré de latitude Nord, le 5^e degré de longitude Ouest et le 2^e 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 prospectées 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 1/200.000^e de OUAGADOUGOU, TENKODOGO et PÔ. 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
- ZABRÈ	11° 10' N	00° 39' W

Pour la Volta Rouge :

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

Les bords des deux Voltas sont malsains. Comme le signale J. DUCELLIER (7), en aval de MANÉ et surtout D'ABCHOUYA, la Volta Blanche devient un véritable axe de répulsion à l'exception des régions de NILOGO - COMLENGOU 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 nette. Parmi les villages qui se situent dans la zone de répulsion citons : PÈNO 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, TARO dont l'emplacement est seulement marqué par un tas de laitier de forgeron, YO en voie de dépeuplement.

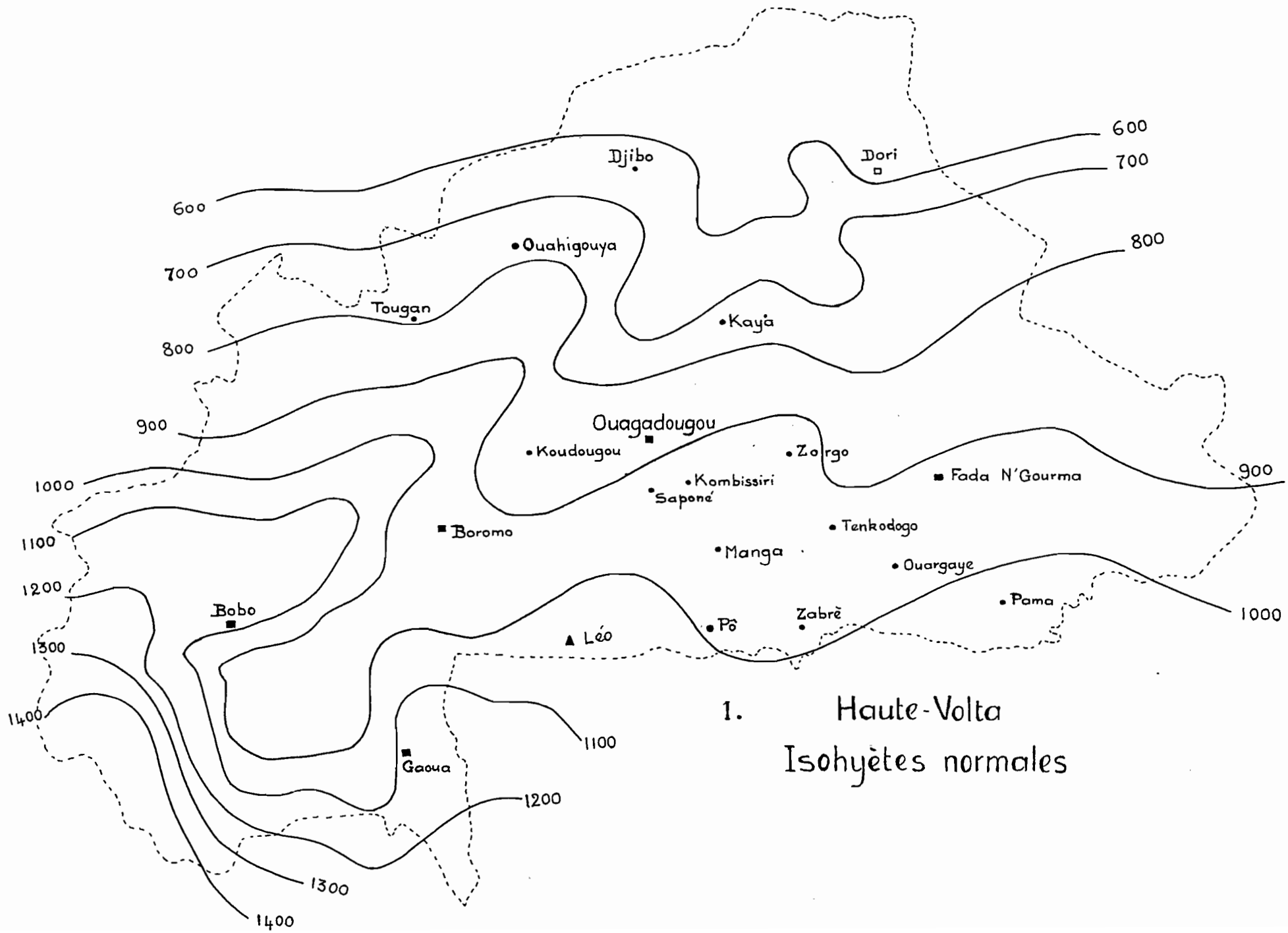
La cause principale de ce dépeuplement est d'origine sanitaire :
enchocercose, trypanosomiase...

PLUVIOMETRIE DE ZABRE

MOIS ANNEE		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
	1954	H N	? ?	0 0	62 3	92,2 3	143,2 10	147,9 11	142,2 10	226,9 16	154,4 16	104,3 11	8,1 1	? ?
1955	H N	0 0	18,7 2	13,3 3	41,3 4	93,4 6	99,4 11	328,0 17	280,7 19	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?
1956	H N	0 0	4,7 1	60,5 3	89,7 7	155,9 8	129,8 12	159,6 11	349,9 16	175,4 15	53,2 3	0 0	4,6 1	1.183,3 77
1960	H N	0 0	0 0	4,0 2	79,5 5	24,6 3	114,0 8	137,3 15	235,6 14	321,7 16	50,5 5	tr. 0	tr. 0	967,2 68
1961	H N	tr. 0	0 0	0,5 1	43,8 5	113,9 7	226,5 10	85,4 15	189,0 10	145,7 12	tr. 0	0 0	0 0	804,8 60
1962	H N	0 0	0 0	0 0	81,3 4	88,8 7	84,5 13	172,4 11	342,9 18	175,8 14	97,8 4	20,3 3	0 0	1.063,8 74
1963	H N	0 0	62,3 3	0 0	78,6 8	197,8 9	78,2 11	366,2 16	245,3 20	125,3 15	? ?	? ?	? ?	? ?

H = Hauteur de pluies en mm

N = Nombre de jours de pluies



1. Haute-Volta
Isohyètes normales

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 PÔ (1942) d'une dizaine d'années environ pour MANGA, GARANGO, et beaucoup plus récentes pour ZABRÈ dont les normales ne peuvent même pas être calculées. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas fait le diagramme pluviométrique de ZABRÈ, 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 (1) : ZABRÈ y occupe la même position que PÔ.

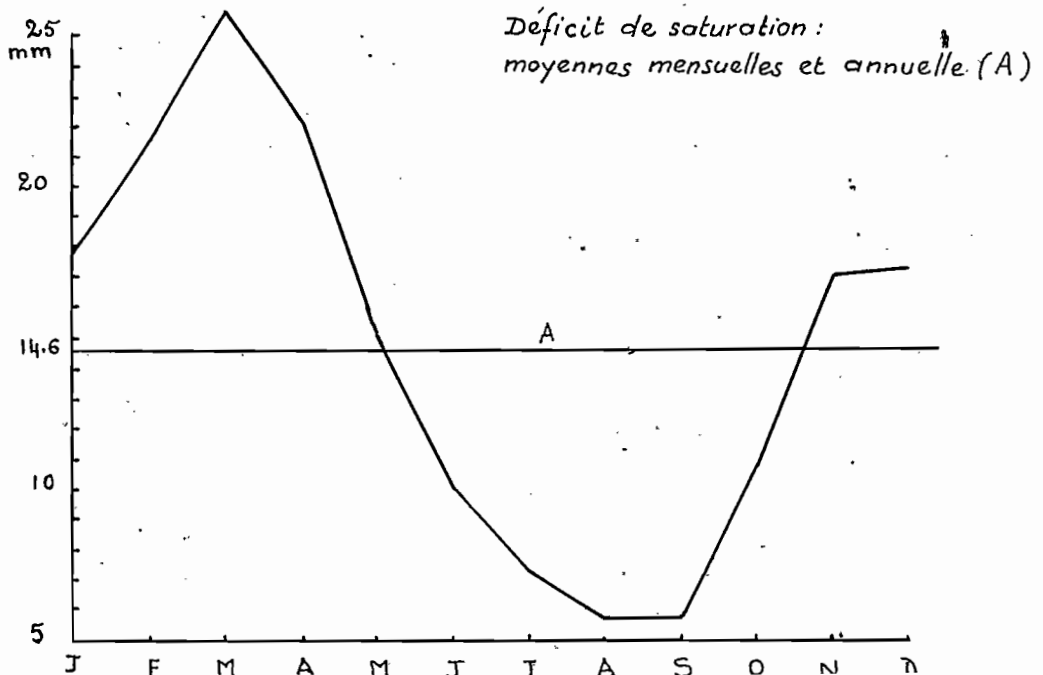
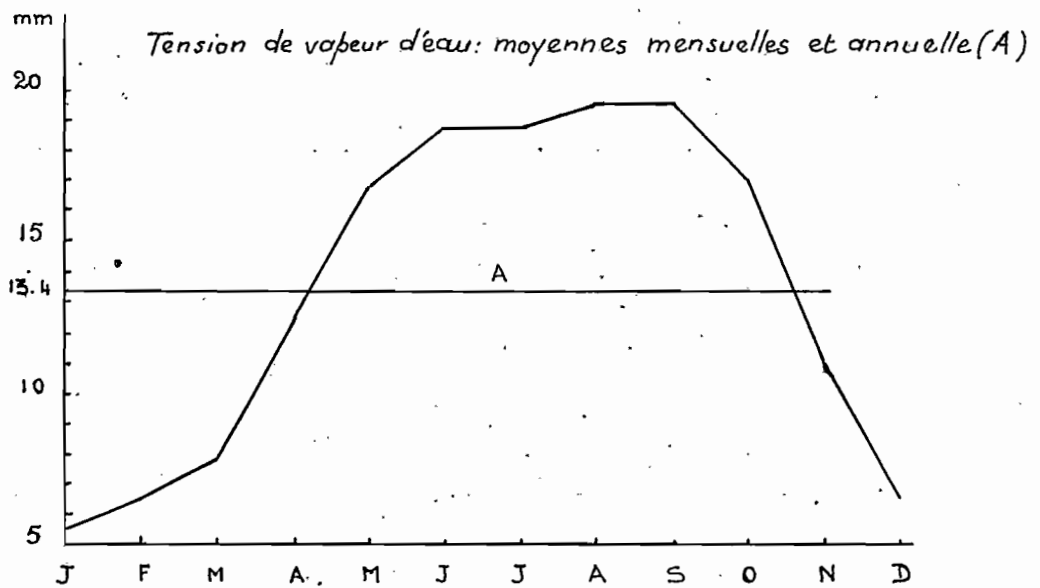
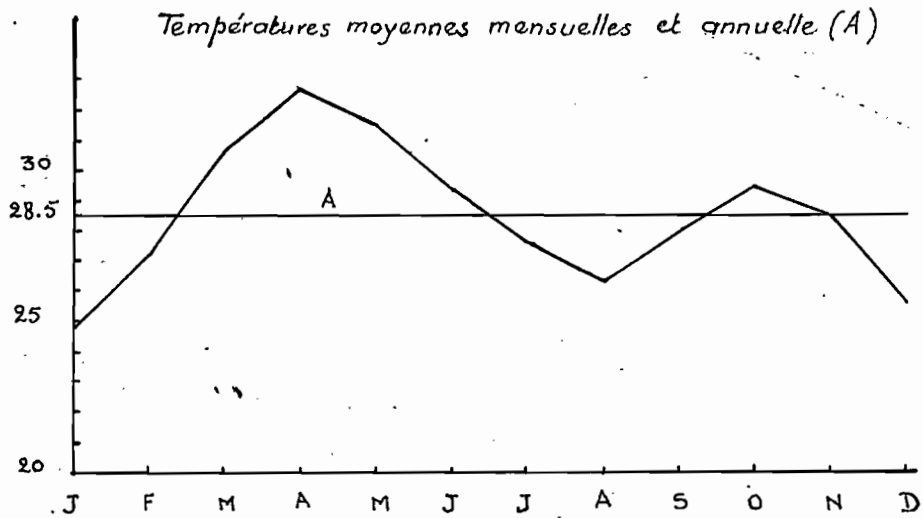
La figure N° 2 représente les données climatologiques concernant OUAGADOUGOU : température, tension de vapeur d'eau et déficit de saturation.

La figure N° 3 groupe les diagrammes pluviométriques de nos 6 stations.

L'indice des saisons pluviométriques, tel qu'il est défini par Aubreville (3), et, qui indique dans l'ordre : le nombre de mois pluvieux (chutes mensuelles égales à 100mm et plus), le nombre de mois intermédiaires (chutes mensuelles comprises entre 100 et 30mm), et le nombre de mois écologiquement secs (chutes mensuelles inférieures à 30mm) se répartit ainsi du Nord au Sud :

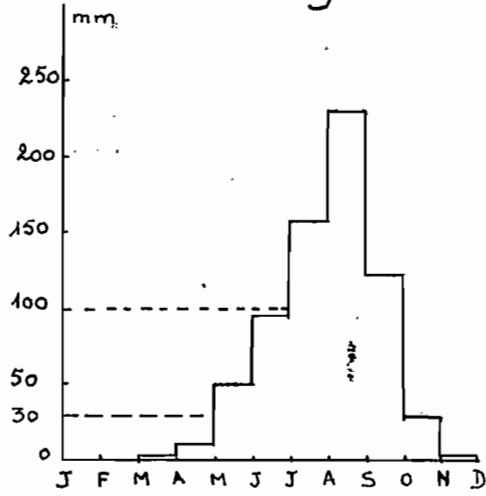
KAYA	3-2-7	Climat Sahélo-Soudanais (Aubreville)			
OUAGADOUGOU	<u>4-2-6</u>	"	"	"	"
MANGA	4-3-5	"	"	"	"
GARANGO	4-3-5	"	"	"	"
TENKODOGO	4-3-5	"	"	"	"
PÔ	<u>5-2-5</u>	Climat Soudano-Guinéen (Aubreville)			

2. Climatologie de Ouagadougou

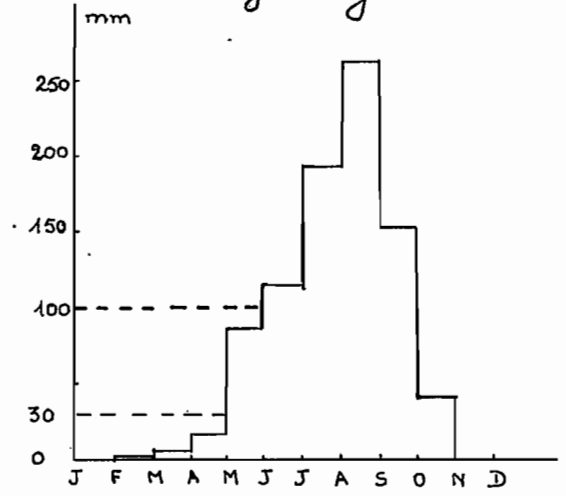


3. Pluviométrie

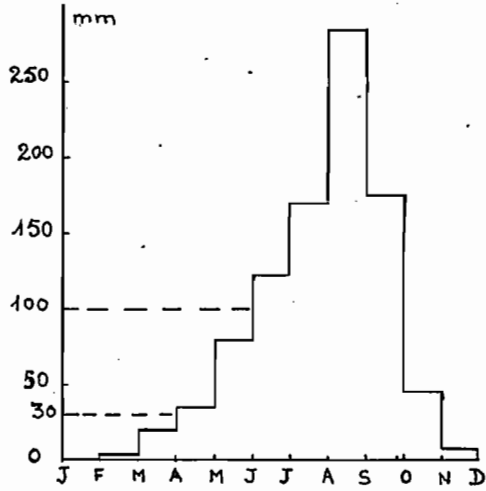
Kaya



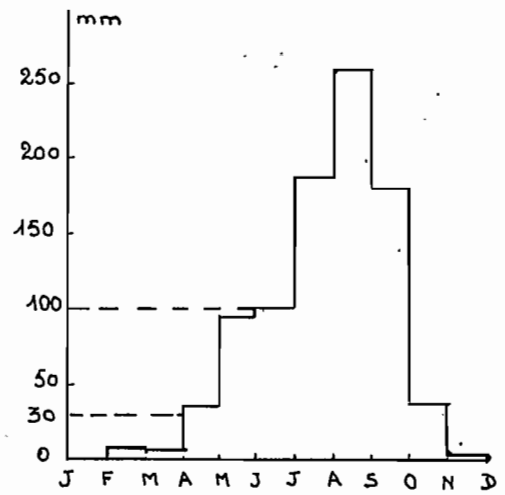
Ouagadougou



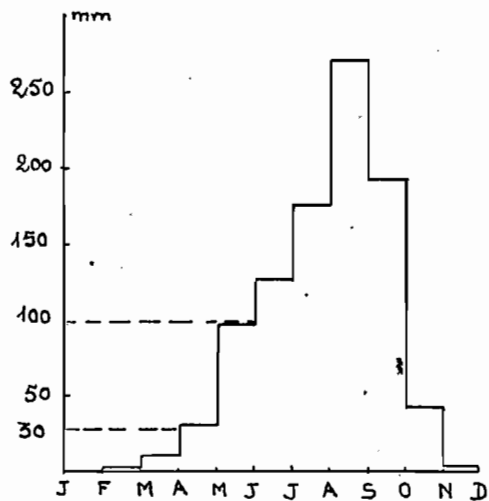
Manga



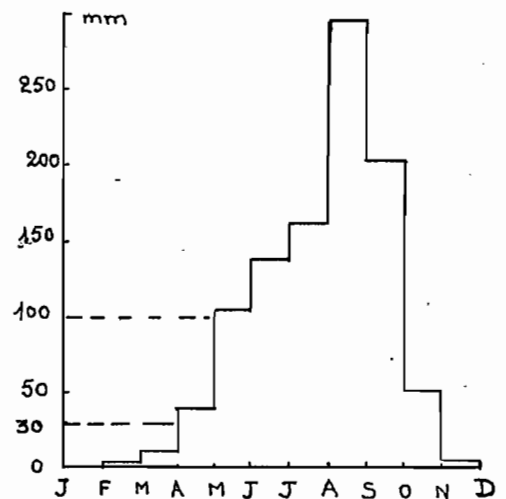
Garango



Tenkodogo



Pô



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 (plus basse que les données d'Aubreville)	: 21° 1	(24° à 28°2)
- 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 15mm)
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 sols.

a) Indice de drainage calculé AUBERT-HENIN.

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

où D est le drainage annuel.

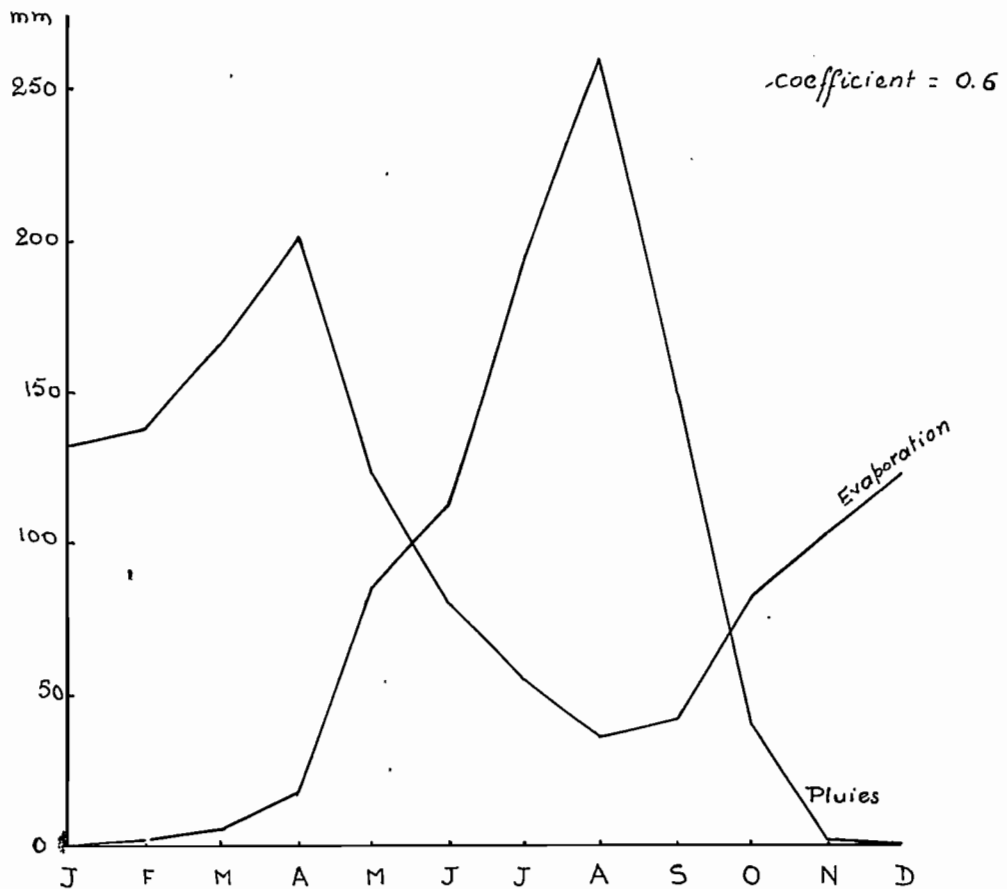
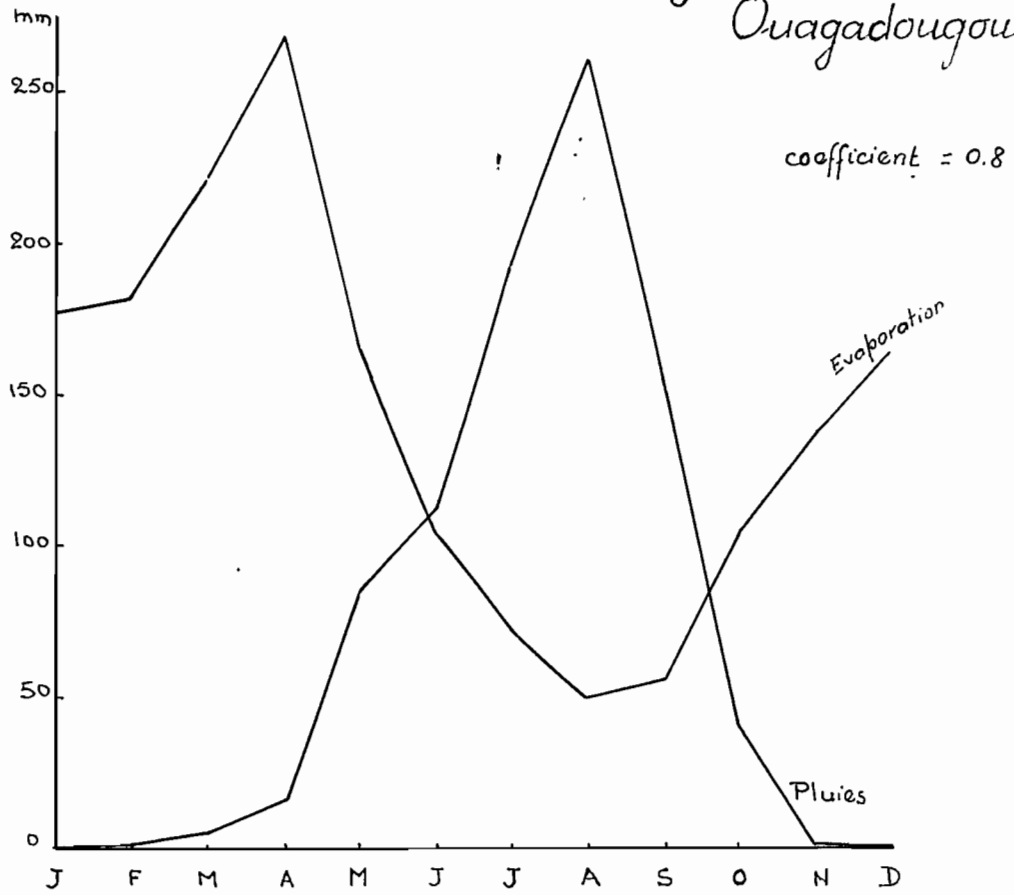
P la pluviométrie annuelle en mètres

un coefficient variant de 0,5 à 2 selon la perméabilité du matériau originel

un coefficient dépendant de la température moyenne annuelle T

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

4. Estimation du drainage mensuel Ouagadougou



Pour une valeur moyenne de $\alpha = 1$, nous obtenons pour OUAGADOUGOU un drainage calculé de 133 cm, chiffre qui nous situe avec la température moyenne annuelle de 28°5 en pleine "zone ferrugineux tropical".

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 au 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 soudaniennes 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 ou 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 (8) 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, encroûté 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 (9) 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 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
PÔ.....	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 (9) en concordance avec des constatations faites par S.HENIN, X. MICHON et Th.GOBILLOT (12) 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 sevit, 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.

Ces termes désignent 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 *Lannea 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*, *Lannea acida microcarpa*, *Balanites aegyptiaca*.

Les plateaux alluviaux ocre, limono-sableux, sablo-argileux, sont caractérisés par une savane parc à *Bombax costatum*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum micranthum*, *Acacia seyal*, *Ziziphus* sp., *Bauhinia* sp. (*reticulata*) *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*, *Lannea acida microcarpa* ou à Karité, *Lannea 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 essentiellement de *Loudetia togoensis*.

b) - Le Centre : Aux environs de la route OUAGA-KAYA on ne rencontre déjà plus que peu 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 leiocarpus* et *Bombax costatum* ou une savane parc à Karité

(*Butyrospermum Parkii*) avec *Landolphia senegalensis* où *Andropogon gayanus*, *Lonudetia togoensis*, *Hyparrhenia* sp., *Pennisetum cenchroides* se partagent la strate herbacée...

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

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

Dans la région de Gaongo-Bissiri, les sols sur cuirasses et carapaces 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 *Isoberlinia 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 PÔ la prédominance de la savane arborée à *Isoberlinia doka*, et *Isoberlinia Dalzielii* sur les carapaces donne à ce cette zone un caractère soudano-guinéen.

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

.../...

Sur les cuirasses, *Isobertinia*, *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* *Isobertinia*, Karité (région de YÔ).

Les sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse portent une savane arborée à base de *Isobertinia* sp. *Burkea africana*, Karité, *Detarium microcarpum*, *Terminalia glaucescens*. Lorsque leur végétation est plus dégradée, c'est une savane typique très arbustive à arborescent où Karité, *Gardenia aqualla*, *Pteleopsis suberosa*, *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*, *Loudotia togoensis*, *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 PÔ par une savane arbustive à *Combretum* sp (*ghallense*) arborescents qui semble leur être spécifique dans cette région.

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 (10):

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

L'essentiel de nos formations appartient au Birrimien et surtout aux veines granitiques post-birrimiennes que Sayatzky désigne sous le nom de granito-gneiss.

I°)- 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 DUCCELLIER (7) et SAGAZTKY (18) sont :

a) Les schistes : schistes argileux (type le plus important et le plus répandu), schistes tuffacés, schistes quartzoferrugineux, séricitoschistes, quartzséricitoschistes, schistes à séricite et chlorite, calc-chloritoschistes, micaschistes.

b) Les formations orthométamorphiques neutres :
diorites métamorphisés, diorites quartziques métamorphisées, microdiorites quartziques métamorphisées, métaandésites.

c) Les formations orthométamorphiques basiques :
gabbros, dolérites, schistes amphibolitiques à épidote, amphibolites, amphibolopyroxénites, gneiss plagioclasiques grenatifères de SAGATZKY et intercalations basiques dans le granitogneiss.

2°)- Les granites de la Province birrimienne. DUCCELLIER (7) les classe 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 SAGATZKY. 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 contacts le faciès de transition revêt l'aspect d'une granodiorite ou d'une diorite (18). La tendance générale est monzonitique (orthose = plagioclases).

a) Granite calcoalcalin 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 Quin (Petite Suisse) renferme aegyrine, augite biotite et fluorine. Elle est un peu quartzifère.

B/ PRINCIPALES FORMATIONS DES BASSINS VERSANTS.

I°/ VOLTA BLANCHE Zones cartographiées.

1-1 Du parallèle I3° N au parallèle I2°22 N (parallèle de OUAGA-GADOUGOU).

- 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'amphibolo pyroxenolite.
- schistes amphibolitiques, épidotes.

1-2 Du parallèle I2°22 N au parallèle I2° 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 I2° N à la limite Sud.

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

2°/ VOLTA ROUGE

2-1 A l'Ouest du prallèle I°00W

- essentiellement granite calcoalcalin à biotite ou à muscovite dominante ou à deux micas, granites calcoalcalins porphyroïdes à biotite ou à biotite et amphiboles.

- plages de granites calcoalins 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°00 N

- Les granites calcoalins 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 genèse requiert un apport d'ions H⁺ et l'élimination des cations divalents et du fer (4). 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 kaolinitisé. 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 OUAGADOUGOU et de PÔ, 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 (4). 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 les altérations qui se 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 actuelles 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 amphibolo-pyroxélonite, 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 feuillets, 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 (17) 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 1m80 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 pegmatitique emmagasinant l'eau.

V.- GEOMORPHOLOGIE.

La zone des bassins versants que nous avons eu à cartographier est constituée essentiellement de granito-gneiss et de schistes argileux. C'est une vaste plaine généralement plate pouvant devenir ondulée comme dans la région de ZABRE-ZIOU. Les reliefs qui rompent cette monotonie sont constitués :

- de buttes cuirassées tabulaires réparties dans l'ensemble des territoires.
- de masses granitiques constituées souvent par les granites intrusifs : région de PÔ-TIÉBÉLÉ - KAMPALA, LENGA, BOUSSOUMA, ZOURMA, région située entre KIYARI et ZOUNGOU.... Petite Suisse. Elles culminent au Pic NAOURI à 600 m environ.
- de collines granitiques isolées : Dôme de TIARÉ
- de pointements schistobasiques : région de GUENON et surtout région de BOUSSOUMA qui constitue la limite Nord-Ouest de la zone.

Au point de vue géomorphologique, BRAMMER (5) distingue trois surfaces d'érosion :

1°/ une surface ancienne qu'il assimile à la surface du début tertiaire ou "African Surface" de KING. Son altitude se situerait autour de 609 m au-dessus du niveau de la mer. Les niveaux cuirassés se rattachant à cette surface sont toujours bauxitiques au GHANA. LAMOTTE, ROUGERIE et DAVEAU⁽¹³⁾ trouvent aussi ces niveaux bauxitiques en HAUTE VOLTA pour ce qui concerne le mont KOYO (590m) et les hauts reliefs de PILIMPICOU (549m). Je n'ai pas eu l'occasion et le temps d'observer ces niveaux cuirassés qui sont situés en dehors de ma zone de prospection et cela à cause des contre-temps perpétuels d'une prospection difficile.

2°/ un groupe de surfaces "intermédiaires" se maintenant à 229-305 mètres environ et dont la genèse serait due à un cycle d'érosion triphasé ou biphasé. La totalité de nos collines tabulaires appartiennent à cette surface. Leur altitude varie ici de 300 à 370 mètres environ. 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, montrent que leur formation a été favorisée par le fer libéré des reliefs birrimiens supérieurs, l'ampleur de cuirassement dépasse par ailleurs le cadre des zones birrimiennes.

La 3^e surface d'érosion 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 3^e surface, les témoins du cuirassement ancien sous forme de cuirasse massive, de blocs épais, 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 leur écaille ou sur leur couche superficielle 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 témoignent 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 deuxième groupe de surfaces 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 altéré. Les profils de collines tabulaires montrent souvent en dessous de la cuirasse des horizons rouge d'aspect ferrallitique. La colline tabulaire du km 10 sur la route de NOBÈRÈ à PO en est un exemple typique. Le profil développé sur plusieurs mètres comprend de la base au sommet :

- des affleurements de schistes amphibolitiques holomélanocrates non altéré.

- 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 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 a quelque 2 m d'épaisseur environ. C'est le résultat de l'induration de l'horizon précédent (VR I3 et I2)

- une cuirasse ferrugineuse et manganésifère massive à induration forte, constituée de taches brun-rouge à rouge, ocre-jaune et noires (VRI4). 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 feuilletée (VRI6). Elle se disloque par blocs très nettement prismatique.

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. 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.

A la suite d'une erreur d'envoi, la cuirasse massive n'a pas été analysée, mais tous les autres échantillons exceptés la cuirasse feuilletée présentent un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ supérieur à 2 variant de 2,35 pour le VRI5 à 2,03 pour le VRI3. La cuirasse feuilletée a un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 1,96 c'est dire presque égale 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.

La gènèse de ces surfaces est donc relativement récente et s'est produite sous un climat de type soudanien assez identique au climat actuel.

3°/ Une surface appelée par BRAMMER surface actuelle et qui 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 cuirasses anciennes très répandus dans la VOLTA ROUGE surtout à l'Ouest de la route OUAGADOUGOU-NOBÈRÈ-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 carapace subactuelles 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 (Infirmierie) 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 ferrugineux tropical, il est donc normal que l'altération soit la même qu'actuellement.

e/ de granito-gneiss peu ou pas altéré.

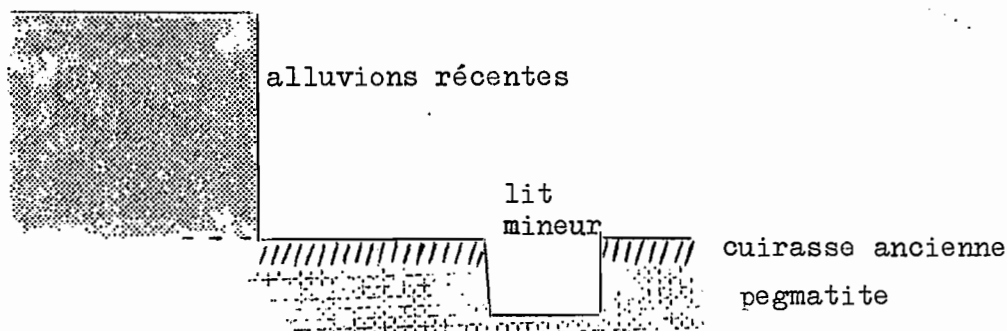
Le cycle d'érosion qui a dégagé ce substratum a été plus énergique en ce qui concerne l'ablation de la cuirasse dans les zones à altération montmorillonitique, probablement parce que la cuirasse y était moins épaisse; mais aussi parce que l'érosion est beaucoup plus rapide dans les argiles noires que dans les altérations ferruginisées.

Ce cycle d'érosion semble s'être arrêté brutalement pour faire place à une phase d'apports. La discontinuité entre ces apports et le substratum dégagé par l'érosion est marquée très souvent par des lignes ou des lits de cailloux de quartz, 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 les gros blocs de cuirasse envoyés dans des 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) argilosableuses en zone kaolinitique, gravillonnaires ou (et) argileuses en zone montmorillonitique, et les dernières sableuses ou (et) gravillonnaires.

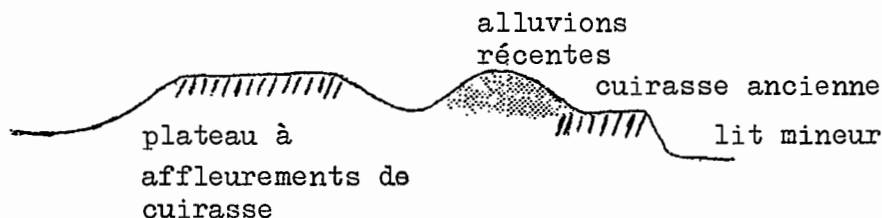
Ils semblent devoir être contemporains des alluvions récentes de type limonosableux à sablolimineux qui bordent les VOLTAS et leurs gros affluents. Nous avons pu observer en effet, à deux endroits différents ces alluvions reposant sur la même surface d'érosion que les apports de la péninsule, à savoir la cuirasse ancienne plaquée sur les granites. Cette cuirasse ne peut absolument pas être confondue avec une cuirasse de galerie.

Le premier point d'observation se trouve sur la VOLTA ROUGE à l'aboutissement de la piste boussole 20° partant de PONKOYAN et de la piste piéton NOBÈRÈ-KALINGA-VOLTA (au dire des chasseurs que nous avons rencontrés là)



La VOLTA qui a entaillé complètement ses alluvions jusqu'au niveau cuirassé, a creusé son lit mineur dans cette cuirasse. Les énormes blocs de cuirasse surplombent ce lit mineur, d'autres blocs y ont basculé.

Le deuxième point d'observation se situe en bordure du marigot d'IPALA et de PAGOMTOËSSÉ.



Il est donc normal que nous n'ayons pas classé en sols ferrugineux tropicaux lessivés les sols développés sur ces apports polyphasés.

Après la phase d'apports, une phase de recreusement a suivi : c'est la plus récente phase d'érosion qui a abouti à l'encaissement des rivières dans leurs alluvions et dont les effets se font sentir sur les plus petits affluents rendant la circulation en "tout terrain" très longue et difficile.

Le système alluvial comprend des lambeaux de plaines alluviales sablo liméneux et sablo-argileux dominant parfois une plaine alluviale d'inondation actuelle constituée d'alluvions argileuses, ou des lambeaux de plaine alluviale (alluvions limono-sableuses à sablo-limoneuses) dans lesquels les rivières se sont encaissées de plusieurs mètres en ce qui concerne les VOLTAS et leurs grands affluents. Il est très peu développé et dépasse rarement 300m. Les VOLTAS apparaissent ainsi comme des fleuves jeunes sans vallées importantes et ceci est d'une importance fondamentale pour la mise en valeur. En effet, au départ, ce travail de prospection avait pour but l'étude des vallées des VOLTAS, avec l'intention d'y trouver des grands ensembles homogènes se prêtant à de grands aménagements ; au lieu de cela, nous avons à faire à l'hétérogénéité du système d'arasement et de comblement qui a édifié la pénéplaine.

VI- HYDROGRAPHIE SOMMAIRE

Les deux rivières importantes sont la VOLTA BLANCHE et son plus gros affluent : la VOLTA ROUGE.

La VOLTA BLANCHE n'est individualisée que jusqu'à KIRSI, en amont elle est constituée de plusieurs thalwegs dont les trois principaux proviennent de TITAO, de OUAHIGOUYA et de LAGO (DUCELLIER 7).

C'est une rivière temporaire qui déjà au mois de Janvier se réduit à quelques rigoles d'écoulement sur la route de OUAGADOUGOU à KAYA.

En Mars et Avril elle se réduit à quelques mares d'eau plus ou moins importantes. Les principaux affluents : MASSILI, SICILLI, NOUAHO, sont aussi des rivières temporaires s'arrêtant vite de couler après la saison des pluies.

La VOLTA ROUGE n'a pas de source elle vient des environs de BOUSSE. Après Novembre - Décembre, elle se réduit aussi à un chapelet de mares (DUCELLIER 7).

Citons parmi les caractéristiques du réseau hydrographiques énumérés par SAGATZKY (18) :

- pas d'eau ou peu d'eau en saison sèche.
- aucun écoulement important durant la première moitié de la saison des pluies jusqu'à fin Juillet.
- crues subites et bien marquées dès que le terrain des rives devient entièrement imbibé d'eau, ce dernier ne s'assèche plus entre deux tornades successives.

2ème P A R T I E

E T U D E D E S S O L S

CHAPITRE I : INTRODUCTION

- A. LA LEGENDE CARTOGRAPHIQUE.
- B. LES ELEMENTS DE FERTILITE.
- C. LA CLASSIFICATION DES SOLS.

CHAPITRE II : ETUDE DES FAMILLES DE SOLS.

CHAPITRE III : CONCLUSIONS

CHAPITRE I - INTRODUCTION

A.- LA LEGENDE CARTOGRAPHIQUE.

La cartographie d'une bande étroite de bassins versants s'allongeant au total sur plus de 400 Km, pour une large moyenne de 32 Km, avec la complexité bien connue du socle géologique birrimien de ces régions, doublée ici de la complexité des recouvrements des altérations de ce socle (nature et épaisseur des recouvrements) et de l'influence des cuirasses anciennes, n'est pas chose facile. L'hétérogénéité est la règle, les variations des sols sont nombreuses sur une petite superficie et la cartographie de telles zones relève plus du I/10.000 que du I/200.000°. La légende de carte se ressent de cette hétérogénéité : les associations de sols sont nombreuses et inévitables et certaines de ces associations dans les zones difficilement accessibles sont très complexes.

A l'aide des nombreux profils réalisés et des descriptions continues du terrain et de la végétation entre les profils, nous avons essayé dans la légende de reproduire la véritable physionomie des sols. Ainsi certains caissons de la légende ne diffèrent que par la proportion des sols constitutifs, nous avons estimé que c'était là un facteur important de la mise en valeur, mais cette différenciation a amené un alourdissement de la légende. Nous avons tenu dans certains cas à signaler la présence des affleurements de granites par une surcharge de la teinte des sols par la trame représentant les granites, dans ce cas les affleurements de granite sont moins importants que lorsqu'ils sont représentés par des baguettes associées, mais nous n'avons pas appliqué ce principe dans tous les cas pour éviter une surcharge de la carte. Il est bien entendu du reste, que toutes les zones délimitées comportent des affleurements de lithosols, cuirasse ou (et) granites dans les zones sur granites, et schistes et quartzites ou (et) cuirasse dans les zones schisteuses.

La légende comprend deux parties :

- une légende simple qui donne la classification et la liste des familles de sols cartographiées ainsi que leur figuré. Chaque famille porte un numéro d'ordre.

- une légende des juxtapositions de sols où sont reproduits les figurés de différentes familles de sols en association et leur numéro d'ordre. La largeur des baguettes est plus grande pour les sols dominants.

B.- LES ELEMENTS DE FERTILITE.

1.- La Texture.

Elle est importante dans nos sols où la matière organique est peu abondante. Les deux principaux supports de cations échangeables assimilables par les plantes sont les matières humiques et l'argile. L'augmentation du taux d'argile se traduira donc dans une catégorie donnée de sols par une augmentation de la capacité d'échange et des bases échangeables. Mais pour des catégories différentes de sols, ces données dépendent beaucoup du type et de l'intensité d'évolution qui conditionne la nature minéralogique des argiles et l'état de saturation du complexe absorbant.

La texture modifie aussi la dynamique de l'eau dans le sol : la capacité de rétention au champ considérée comme égale à l'humidité équivalente est proportionnelle au taux d'argile $H_e = (\text{Argile} + 10) \times 0,55$ (G. AUBERT). De même le point de flétrissement est proportionnel au taux d'argile (quoique ayant aussi une certaine proportionalité avec les autres constituants de la granulométrie) et LEFÈVRE (14) donne la formule suivante : $F = \text{Argile} \times 0,57 + \text{limon} \times 0,21 + \text{sables fins} \times 0,01$.

La texture intervient aussi dans la structure, l'argile est un élément de bonne structuration si elle est bien agrégée, mais à l'état dispersé, elle introduit des caractéristiques physiques structurales très mauvaises.

Les sables grossiers sont un élément d'amélioration de la structure.

Les sables fins et les limons sont des éléments de très mauvaises structure, ils créent en proportion notable le phénomène de battance.

Les résultats d'analyse granulométrique sont portés ici sur un triangle rectangle isocèle. Les deux constituants principaux argile et sables sont portés sur les côtés de l'angle droit, le 3^e constituant le limon peut se lire sur la bissectrice de l'angle droit que nous avons graduée à cet effet. Ce triangle est divisé en classes texturales identiques à celles du triangle équilatéral classique.

2.- La Structure.

C'est l'arrangement dans le sol des particules élémentaires d'argile de limons et de sables. Cet arrangement conditionne la cohésion d'ensemble du sol et une partie de sa porosité. Des structures fines ou petites bien développées impliquent une cohésion d'ensemble faible se traduisant par une bonne porosité d'agrégats (qui ne se maintiendra en saison des pluies que si la structure est stable) et par une grande facilité du travail du sol avant la saison des pluies. Des structures massives et cohérentes impliquent une mauvaise aération (si racines et animalcules n'interviennent pas) et un travail du sol difficile avant l'humidification. Dans le cas de sols argileux et très plastiques cette humidification ne permet le travail du sol que dans des limites, très étroites. La structure est donc dans ces sols un important élément de la mise en valeur.

La stabilité de la structure existante ou de celle qui sera créée par les façons culturales, c'est-à-dire sa résistance à l'action dégradante des agents extérieurs est aussi un facteur très important de la fertilité. Elle est mesurée ici par l'indice d'instabilité structurale HENIN I_s et par le test de percolation HENIN donnant la perméabilité K du sol au laboratoire. Ce coefficient de perméabilité K doit être considéré non comme une perméabilité mais

comme un indice de stabilité structurale complémentaire du I_s , étant données leurs sensibilités différentes. On peut cependant le considérer dans une certaine mesure et dans certains cas comme une valeur limite, de la perméabilité.

Les résultats analytiques I_s et K sont portés sur un graphique logarithmique qui permet d'étudier le comportement des points figuratifs par rapport à la droite de régression normale de $\log IOK$ en fonction de $\log IOIs$:

$$3 \log IOK + 2,5 \log IOIs - 7,5 = 0$$

B.DABIN s'est inspiré de cette droite pour déterminer une stabilité structurale S qui est la projection du point figuratif sur cette droite graduée de 0 à 100 et divisée en classes de stabilité structurale allant de très mauvaise à exceptionnelle.

3.- La Cohésion.

La cohésion d'ensemble apprécie la valeur des forces de liaisons entre les agrégats ou les particules élémentaires (s'il n'y a pas d'agrégats) constitutifs d'un sol, la cohésion des agrégats apprécie ces forces à l'intérieur des agrégats individualisés. Ce sont des éléments importants des possibilités de travail du sol à sec, et des façons culturales à appliquer.

4.- La Porosité.

C'est le volume de l'ensemble des vides du sol. On distingue selon la dimension des pores qui assure cette porosité :

- la macroporosité qui correspond au plus gros pores utilisés pour la circulation de l'eau et de l'air (11)
- la microporosité correspondant au volume des pores les plus fins servant au stockage de l'eau (11), elle correspond pratiquement à la capacité au champ et à l'humidité équivalente.

On pourrait donc écrire que la macroporosité est égale à la Porosité totale - l'humidité équivalente. Mais la porosité totale dépend du degré d'humidité du sol avec lequel elle augmente. Il faudrait pour avoir la

macroporosité, mesurer la porosité totale du sol en place à l'humidité équivalente. Nous nous sommes contentés ici de mesurer la porosité totale de mottes séchées à l'air. La macroporosité calculée ici est donc dans la plupart des cas une limite inférieure que VIGNERON ET DESAUNETTES (19) considèrent cependant comme valable en tant qu'indice de compacité et de risques d'asphyxie.

La porosité est un élément important de la fertilité physique du sol puisqu'elle conditionne son aération potentielle (macroporosité) et son stock d'eau (microporosité). Ceci n'est valable cependant que dans le cas de sols bien drainés se maintenant au voisinage de l'humidité équivalente. Dans les sols mal drainés où l'eau tend à occuper l'ensemble de la porosité du sol, la macroporosité n'est plus qu'une capacité maximum pour l'air potentielle.

Nous avons fait apparaître cette macroporosité sur des graphiques où sont portées en unités équivalentes la porosité totale sur mottes (en cm^3 pour 100 g. de terre) et l'humidité équivalente (en g d'eau pour 100 g de terre équivalent aux cm^3 pour 100 g. de terre). Les graphiques sont divisés en 3 zones: asphyxie totale, asphyxie partielle et absence d'asphyxie.

5. - L'eau utile -

C'est la portion utilisable par les plantes de l'eau stockée par le sol.

Dans le cas de sols bien drainés, cette eau stockée est considérée comme égale à la quantité d'eau qui contient le sol à l'humidité équivalente. La portion non utilisable de cette eau est égale à la quantité d'eau que contient le sol au point de flétrissement.

Dans les climats soudanais où la répartition des pluies est très irrégulière l'eau utile peut avoir une grande importance sur la fertilité en début de saison des pluies et en fin de saison des pluies et début de saison sèche, pour certaines cultures. Cependant la notion de quantité d'eau utile globale du sol ne fait pas intervenir que la capacité de stockage du sol, mais aussi l'épaisseur de sol sur laquelle l'eau est stockée, ainsi un sol sableux

à faible capacité de stockage mais perméable, aura autant sinon plus de réserve d'eau qu'un sol à forte capacité de stockage mais imperméable.

6.- La richesse en éléments fertilisants.

C'est l'aspect le plus classique de la fertilité des sols. Dans cette étude nous n'avons retenu que :

- les teneurs en matière organique et les rapports carbone sur azote.
- les teneurs en azote et phosphore qui sont, pour les unités de sols les plus importantes, sur l'abaque de fertilité de B DABIN donnant en fonction des teneurs en azote, des teneurs en phosphores et du pH la fertilité des sols.
- les teneurs en bases échangeables : calcium, magnésium, potassium et sodium.
- les pH et les taux de saturation.
- éventuellement les teneurs en éléments minéraux de réserves données par les bases totales.

S'agissant de sols tropicaux, les échelles de fertilité sont relatives elles apparaîtront souvent surestimées d'un point de vue absolue. Ainsi, une teneur en matière organique qui avait considéré comme faible ou moyenne au point de vue pédologique pourra devenir moyenne ou bonne dans l'échelle de fertilité. Nous nous sommes basés pour ces échelles de fertilité sur les données de B.DABIN (6)

7.- Autres caractéristiques :

- la profondeur du sol qui règle le volume de terre exploitable
- la position dans la classification qui donne le type d'altération, la nature et le chimisme du complexe absorbant, les conditions de drainage externe et interne, éventuellement la tendance évolutive des sols fragiles.

C.- LA CLASSIFICATION DES SOLS

La classification utilisée est celle qui a été présentée par AUBERT et DUCHAUFOUR en 1956 et qui a été modifiée par G. AUBERT en 1958 puis 1962 (2) 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.

Les familles sont définies par la nature du matériau originel.

Les séries correspondent à des différenciations de détail du profil : profondeur du sol, de l'horizon d'accumulation ou induré, épaisseur des horizons principaux, teneur en éléments grossiers et le cas échéant position dans le paysage.

Les séries sont divisées en types qui traduisent des variations par suite de modifications temporaires ou d'action de courte durée.

Les types sont divisés en phases caractérisant un degré d'utilisation elles font apparaître les stades d'érosion.

La carte d'utilisation agronomique précise, on le voit, nécessite donc, la cartographie au moins jusqu'au stade de la série et du type sinon de la phase. Au 1/200.000 la cartographie reste au niveau de la famille et dans

les cas de familles étroitement imbriquées comme cela l'est dans les Bassins Versants des VOLTAS BLANCHE et ROUGE, c'est un complexe de familles de sols que l'on cartographie.

Les sols des Bassins versants des VOLTAS BLANCHE et ROUGE se répartissent en 6 classes :

- 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 granitognoiss 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 intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

- a. Famille sur alluvions sableuses.

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 entrophes

1.1. Sous-Groupe des sols bruns entrophes vertiques
a. famille sur argile d'altération de schistes
b. Famille sur argile d'altération de granites
c. Famille sur matériaux complexes divers

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 argilosabloux.

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. Famille sur alluvions limonosableuses à argileuses
b. Famille sur argiles à recouvrements
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 vertique 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 sablo-argileuses et argilo-sableuses

 - 2.2. Sous-groupe des sols à pseudogley à taches
 - a. Famille sur argiles à recouvrements
 - b. Famille sur argiles à gravillons ferrugineux et recouvrements.
 - c. Famille sur alluvions diverses.

CHAPITRE II - ETUDE DES FAMILLES DE SOLS

//)// O T E I M P O R T A N T E

Dans l'étude qui suit, et en vue d'alléger ce rapport à vocation essentiellement utilitaire, la partie morphologique sera traitée rapidement, la présentation des quelques profils cités sera sommaire et par ailleurs il n'y aura aucune discussion de la classification des sols.

On retrouvera tous ces éléments dans un rapport O.R.S.T.O.M. à vocation plus scientifique qui paraîtra ultérieurement et dont le même nombre d'exemplaires sera transmis à la République de HAUTE-VOLTA, à titre d'information.

A.- LES LITHOSOLS.

A.1. Les lithosols.

Ils regroupent l'ensemble des affleurements de roches : cuirasses et carapaces ferrugineuses, roches granitiques et gneissiques diverses, schistes et quartzites.

Ils ont été divisés en famille d'après leur nature :

- famille sur cuirasses ferrugineuses : elle groupe les cuirasses et carapaces ferrugineuses.
- famille sur granitogneiss indifférencié : elle comprend tous les affleurements de granites et de gneiss.
- famille sur schistes et quartzites : elle groupe les affleurements de schistes et de quartzites.
- famille sur matériaux indifférenciés : elle rassemble les lithosols de nature indéterminée non discernables par photointerprétation.

Chaque famille comprend des séries sans recouvrements et des séries à recouvrements squelettiques divers : gravillonaires, sableux à sabloargileux, argilolimoneux pour les cuirasses et carapaces, sableux à caillouteux pour les granites. Ces recouvrements ont un ou deux horizons humifères superficiels bien différenciés.

Signalons que dans les granites, les pegmatites et certains granites pegmatitiques sont à mettre à part, ils se démantèlent très facilement et donnent souvent en affleurements des produits caillouteux. Nous n'en avons pas fait des familles à part parce que les variations de faciès étant fréquentes, ces granites affleurent avec les autres.

Les lithosols n'ont pas d'utilisation agronomique, les séries à recouvrements pourraient à la rigueur servir à la culture dans de mauvaises conditions, mais la menace d'érosion est alors telle qu'il vaut mieux les maintenir sous végétation naturelle.

La grande particularité des bassins versants des VOLTAS ROUGE et BLANCHE est comme nous l'avons dit dans l'esquisse géomorphologique, une

superposition très fréquente des cuirasses aux granites, et une imbrication constante de ces lithosols avec les autres types de sols, et cela, même lorsqu'ils n'ont pas été signalés dans la légende de carte. Tous les complexes de sols comprennent ainsi des lithosols. Il conviendra donc, lors de la mise en valeur, de déterminer les zones les plus lithosoliques et qui ne pourront pas être cultivés dans certains cas (lithosols sur cuirasse particulièrement). Ce travail devra se faire à l'échelle du 1/10.000^e environ et il nous était impossible de le réaliser dans le cadre de ce travail de reconnaissance au 1/200.000^e .

Les cuirasses constituent pour les sols qu'ils voient un facteur d'accroissement de l'érosion hydrique : les eaux incapables de s'y infiltrer y ruissellent, leur capacité érosive est d'autant plus grande que les zones cuirassées sont larges et la pente forte.

Lorsque les sols environnants reposent sur cuirasses, l'érosion contribuera ainsi à l'extension de ces dernières avec une violence de plus en plus accrue.

Il conviendra donc de protéger les sols contre le ruissellement venant des cuirasses voisines.

A.2. Les juxtapositions de sols à dominance de lithosols.

La légende de carte montre leur nombre très élevé et leur large répartition témoignant ainsi de l'importance des lithosols dans nos bassins versants.

L'utilisation pour la culture de ces zones lithosoliques dont l'intérêt dépend des sols associés, devra être accompagnée de façon impérative d'aménagements antiérosifs particulièrement dans le cas des cuirasses qui forment de larges bancs imperméables alors que les granites affleurent plutôt par blocs et par boules qui en définitive, peuvent être des éléments d'atténuation de l'érosion de nappe, mais l'imperméabilité de la roche sous-jacente à faible profondeur ou à ras de terre est déterminante et l'examen des photos aériennes montrent une érosion intense dans les zones granitiques.

Les lithosols associés aux vertisols et aux sols halomorphes portent une maigre végétation arbustive, tandis que les autres complexes lithosoliques portent lorsqu'ils ne sont pas sous culture une savane arborée ou arbustive bien venue qui justifie leur maintien en forêt classée.

A.3. Les juxtapositions de sols incluant des lithosols., ou voisinant des lithosols.

Dans le Nord du bassin versant de la VOLTA BLANCHE, ces sols sont cultivés. Si parfois les blocs de cuirasse épars à la surface du sol constituent un freinage de l'érosion en nappe, les cuirasses n'en constituent pas moins un facteur important de l'érosion des sols.

Il convient donc de prendre les mesures antiérosives nécessaires et applicables dans le cadre de l'exploitation actuelle.

Le bassin versant de la VOLTA ROUGE est occupé en majeure partie par un de ces complexes: juxtaposition de sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse, à pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse et de lithosols sur cuirasses. On retrouve ce complexe dans le bassin versant de la VOLTA BLANCHE : régions de SELLA ZOUNGOU, YAKALA, NINI NOBÈRÈ (GAONGO). On y retrouve aussi une juxtaposition de ces sols à pseudogley de profondeur à concrétions à des lithosols dans la région de MEDEGA et dans l'extrême Nord. Dans la région de LIMNOGHIN - WAYEN, TANGSOBENTENGA - BISSIRI, c'est un complexe voisin de celui de la VOLTA ROUGE mais où les sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilo-sableuse n'ont pas été cartographiés.

Dans la VOLTA ROUGE surtout, et aussi dans une partie de la VOLTA BLANCHE ces complexes de sols portent une savane arborée ou arborée et arbustive, parfois seulement arbustive, mais bien venue qui constitue une belle forêt classée, une belle réserve de chasse et une solide protection contre l'érosion. La mise en culture de ces zones est alors très discutable, d'autant que la fertilité, essentiellement sous la dépendance du stock de matière organique, baissera rapidement si ce dernier n'est pas maintenu et d'autant plus rapidement que l'érosion décapera les horizons superficiels. Elle ne devra se faire qu'en cas de nécessité impérieuse et elle devra être accompagnée d'amé-

nalements antiérosifs justifiés par la susceptibilité des sols à l'érosion, le voisinage de nombreuses zones cuirassées souvent larges, la juxtaposition avec les sols de nombreuses zones cuirassées à faibles recouvrements ou même nues.

B.- LES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT

B.1. Sols peu évolués bien drainés faciès intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

B.1.1. Famille sur alluvions sableuses.

Il s'agit de sols peu évolués bien drainés sur l'ensemble du profil. Ce sous-groupe est limité aux bournelets alluviaux bien drainés et de ce fait a une extension faible. Nous n'avons retenu qu'une famille cartographiée dans la région de LENGA.

Le profil typique comprend un horizon superficiel faiblement humifère A₁ brunâtre reposant sur un horizon de transition rouge brun encore faiblement humifère puis sur le matériau originel constitué d'alluvions sableuses rouges peu évoluées.

Il semble d'après les résultats analytiques du 2^e horizon que la fertilité chimique de ce sol en accord du reste avec sa nature sableuse et sa pauvreté en matière organique soit faible, le pH n'est correct qu'en surface. Ces valeurs semblent surestimées dans les deux autres horizons. Leur position topographique sur butte dans un paysage mamelonné en font des sols menacés par l'érosion.

Ils n'ont donc qu'un faible intérêt agronomique. Ils devraient être réservés aux spéculations arboricoles.

B.2. Sols peu évolués mal drainés.

B.2.1. Famille sur cailloux pegmatitiques.

1. Caractéristiques générales.

Ces sols sont développés sur matériaux caillouteux de démantèlement de pegmatites, plus ou moins feldspathiques, quartzeux, ou micacés selon la nature de la roche-mère. L'hydromorphie faible, se traduit par la présence de quelques concrétions noires de manganèse, elle peut aussi affecter l'horizon superficiel.

Le profil typique comporte :

- un horizon superficiel sableux ou déjà gravelleux de 20 cm environ, humifère pouvant être bien ou mal drainé.
- un horizon caillouteux constitué d'éléments pegmatitiques peu altérés avec parfois quelques concrétions manganifères noires, épaisseur variable.
- un horizon constitué de pegmatite en voie de démantèlement friable peu altéré.

La friabilité de la roche-mère en profondeur fait donc que ces sols sont assez profonds.

Ce sont en fait des sols à caractères lithiques.

2. Répartition et cartographie.

Ces sols sont associés aux affleurements de pegmatites. On les rencontre dans les complexes lithosoliques des régions situées à l'Est de MANDIÉ sur la rive droite de la VOLTA BLANCHE, et au Sud de BASBEDO et PISSI sur la rive gauche de la VOLTA ROUGE où ils n'ont pas été dissociés des lithosols sur granites. Ils ont été cartographiés dans la région de TIGRÉ (Bassin versant de la VOLTA BLANCHE) en association avec des lithosols sur granites et cuirasses.

3. Fertilité d'ensemble, utilisation.

Ce sont des sols trop grossiers sans grand intérêt agronomique. Cependant, le fait qu'ils soient constitués, de minéraux du granite dont certains comme les feldspaths et les micas peuvent s'hydrater en surface, peut améliorer la dynamique de l'eau et la nutrition des plantes. Lorsqu'ils sont sableux

en surface on peut y cultiver l'arachide.

On y retrouve la déficience en phosphore.

B.2.2. Famille sur sables et granites.

Il s'agit de sols sableux reposant sur granites non altérés. Ils n'ont été cartographiés que dans la région située à l'Ouest de BOUEMA sur la rive gauche de la VOLTA BLANCHE, associés à des lithosols sur granites.

Le profil typique comprend :

- un horizon gris brun clair sableux à sablo graveleux à graviers de quartz, faiblement humifère, de 20 cm d'épaisseur environ.
- un horizon brunâtre encore humifère, sableux parfois sablo-argileux, à tendance hydromorphe par apparition de taches imprécises brun rouille, ou de quelques concrétions manganifères noires, épaisseur variable 45 à 60 cm.
- granite à grain grossier, parfois friable.

Ce sont des sols sans intérêt agronomique, chimiquement pauvres qui ne pourraient servir qu'à la culture de l'arachide et du mil avec des rendements médiocres.

B.2.3. Famille sur graviers schistoux.

Ces sols ont une extension limitée aux zones de sols bruns entropes sur schistes principalement dans la région située au Sud de WEOTENGA.

Le profil typique dans cette région comprend :

- un horizon superficiel de 15 cm environ brun gris foncé, humifère, argilo-limoneux sur 5 cm environ puis graveleux
- un horizon essentiellement graveleux constitué de petits gravillons ferrugineux de petits cailloux de quartz, de graviers de schistes aplatis ferruginisés brun-rouille à rouille, avec de petites concrétions noires manganifères, terre fine brunâtre argileuse, épaisseur d'environ 20 cm
- un horizon essentiellement graveleux constitué de graviers de schistes en voie d'altération, ferruginisés, à cassure brun rouille avec de petits cailloux de quartz, terre fine très argileuse.

Le fait que la terre fine de ces sols gravelleux représente plus 30% du poids total que les graviers soit constitués de morceaux de schistes en voie d'altération capables de jouer un rôle actif tant dans l'amélioration de la dynamique de l'eau que dans la nutrition minérale, sont des facteurs favorables qui relèvent la valeur agronomique de ces sols. Il semble qu'outre l'arachide et le mil on puisse y essayer le coton moyennant le maintien et le renforcement du stock organique en surface.

L'horizon superficiel a des caractéristiques brun eutrophe : couleur brun gris foncé, structure polyédrique grossière à moyenne.

C.- VERTISOLS ET PARAVERTISOLS

GENERALITES.

Cette classe de sols correspond aux sols d'argiles noires ou d'argiles foncées de nos anciennes classifications. Les anciennes classifications retenaient leurs caractères de sols calcimorphes (formés en milieu saturé en calcium et magnésium) à engorgement temporaire (classe des sols hydromorphes), la nouvelle classification retient principalement leurs caractères structuraux : structure prismatique ou polyédrique large et grossière accompagnée d'une macroporosité extrêmement faible des blocs sur au moins la moitié du profil.

Les vertisols de HAUTE-VOLTA, riches en argiles gonflantes essentiellement de type montmorillonitique, sont caractérisés par des phénomènes de remaniements internes (alternance de phases de gonflement lors de l'humidification et de phases de retrait prononcé lors de la dessiccation) dont les manifestations les plus constantes et les plus spécifiques sont le bon développement dans les horizons de profondeur de faces obliques de glissement luisantes, plus ou moins striées, souvent très larges, appelées "slickensides" par les anglosaxons, et dont les autres manifestations très fréquentes sont : les fentes de

retrait plus ou moins larges. Les effondrements de l'horizon superficiel aboutissant à la formation de trous plus ou moins importants ou à la création d'un réseau de dépressions ou de chenaux sont plus rares particulièrement dans les vertisols lithomorphes.

La genèse des vertisols exige un milieu générateur saturé en calcium et magnésium qui peut être réalisé par l'altération d'une roche-mère riche en ces éléments ou par accumulation de ces derniers dans des zones mal drainées.(16)

On distingue ainsi les vertisols hydromorphes ou vertisols à pédoclimat très longuement humide et les vertisols lithomorphes ou vertisols à pédoclimat seulement temporairement humide. La genèse des vertisols lithomorphes des Bassins Versants des VOLTAS ROUGE, et BLANCHE procède en réalité de ces deux processus. Dans chacune des 2 sous-classes définies ci-dessus, la distinction des groupes est basée sur la structure de l'horizon de surface qui est ici relativement fine. Nous avons distingué cependant au niveau du sous-groupe le caractère relativement assez grossier de cette structure de surface qui est de type polyédrique grossier à moyen et petit.

C.1. Les vertisols hydromorphes à horizon de surface à structure fine.

Vertisols moyennement structurés sur argiles lourdes

C.1.1. Caractères morphologiques.

Le profil typique comprend :

- un horizon superficiel A₁ argileux épais de 20 cm environ, brun gris foncé, à structure polyédrique grossière ou moyenne à petite bien développée, à très bien développée donnant un aspect brisé et un aspect de "self mulching" Il peut exister parfois un horizon A₂ de 10 cm environ à structure polyédrique grossière encore bien développée.

- un horizon ou deux horizons B profonds de couleur variable brun gris à gris plus foncé et plus humifère dans le haut, avec une ségrégation ferrugineuse sous forme de taches brun rouille, parfois il y a tendance à la gleyification et la couleur grise prend une nuance bleutée, la structure est

prismatique large marquée par de grandes fentes de dessiccation verticales avec une sous-structure prismatique aplatie ou en plaquettes obliques à faces de décollement subhorizontales patinées, luisantes et striées, la cohésion des agrégats est très forte; la texture est argileuse, l'épaisseur est d'environ 1 mètre.

Les variations autour de ce type sont principalement :

- un élargissement de la structure en surface avec passage aux vertisols à structure large dès la surface : structure prismatique grossière, mais avec encore une sous structure polyédrique grossière.

- Une dégradation de la structure en profondeur qui peut devenir prismatique peu développée, l'horizon a alors une cohésion d'ensemble forte, on y dégage quelques faces patinées obliques. La structure reste fine en surface sur plus de 50 cm parfois. Le micro-relief gilgai peut être bien développée.

C.1.1. Etude de la fertilité.

Les éléments de la fertilité sont identiques à ceux des vertisols lithomorphes. La seule différence réside dans le fait que les vertisols hydromorphes sont inondés en saison des pluies de par leur position topographique. Ils doivent être utilisés pour la riziculture. Ils ne peuvent pas être facilement irrigués en saison sèche puisque les rivières tarissent.

C.1.3. Répartition et cartographie.

Les vertisols hydromorphes se développent essentiellement sur argiles lourdes de colmatage des thalwegs dans la région de GUIARO où ils ont été cartographiés, et aussi dans la région au Sud-Est de NOBÈRÈ sur la rive gauche de la VOLTA ROUGE, dans le complexe lithosolique de la région au Sud de BASBEDO et PISSI sur la rive gauche de la VOLTA ROUGE, dans la région au Sud de la route ZABRÈ-ZOAGA sur la rive gauche de la VOLTA ROUGE.

C.2. Vertisols lithomorphes à horizon de surface à structure fine.

Vertisols moyennement structurés sur argiles lourdes.

C.2.1. Caractères morphologiques.

Dans les sols sans recouvrements, le profil typique comprend :

- un horizon superficiel A₁ de 20 à 30 cm environ, brun gris foncé, humifère, à texture argileuse, à structure polyédrique, grossière à moyenne et petite très bien développée donnant à l'horizon un aspect très brisé et réalisant un mulching naturel; la cohésion d'ensemble est faible, la cohésion des agrégats est forte.

- un horizon de profondeur brun olive plus foncé et parfois gris dans le haut, à texture argileuse, à structure prismatique large bien développée par de grandes fentes de dessiccations verticales, avec une sous-structure prismatique aplatie, ou en plaquettes obliques à faces de décollement subhorizontales, patinées luisantes et striées, ces faces luisantes peuvent atteindre de très belles proportions, l'horizon est très compact, la cohésion des agrégats est forte. L'épaisseur de cet horizon est d'un mètre environ. Il contient souvent de très nombreux nodules calcaires

- un horizon soit argileux, brun olive pâle à structure moins bien développée souvent à amas ou à nodules calcaires soit constitué par la roche altérée.

Les variations autour de ce type sont :

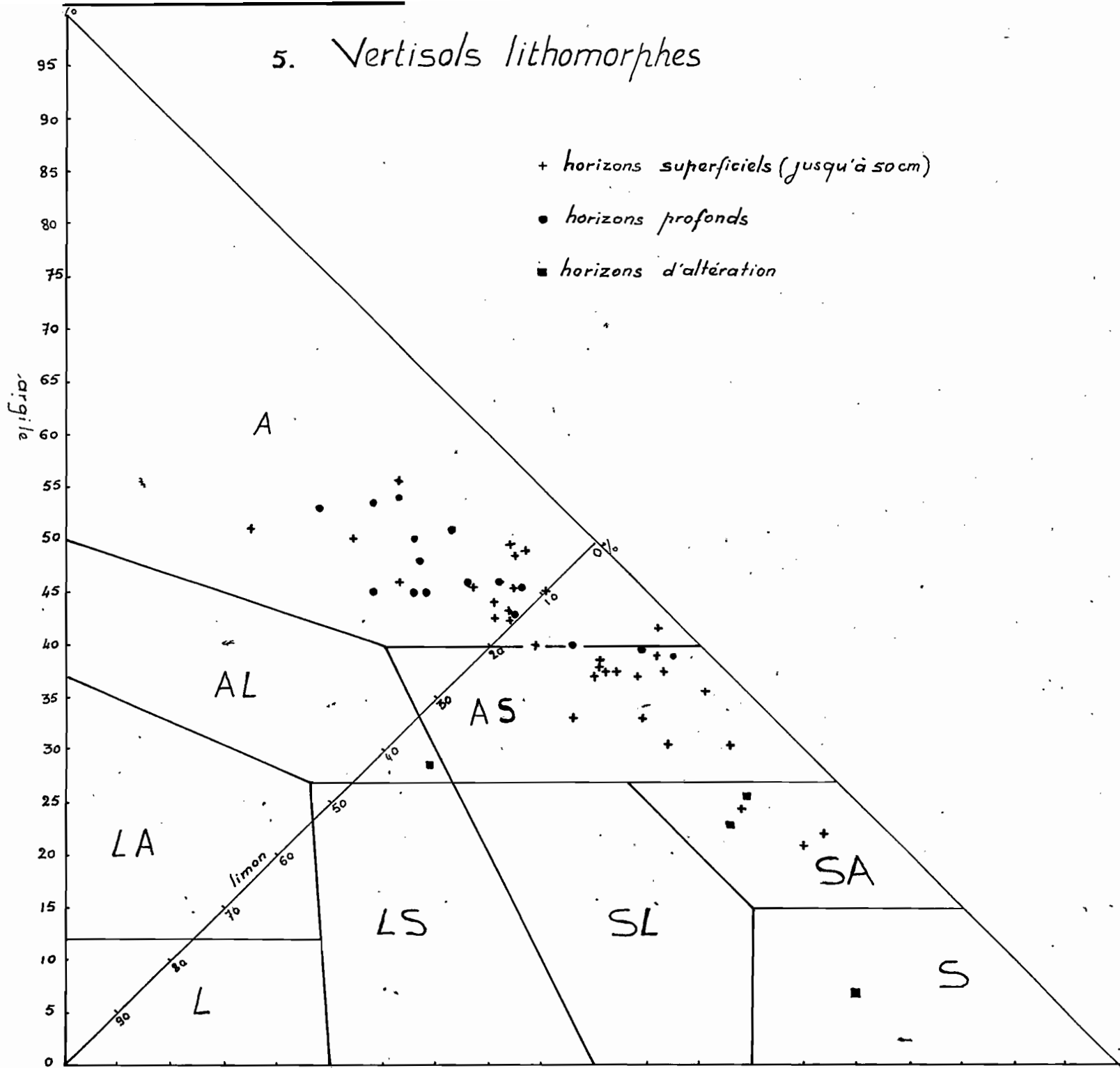
- un élargissement partiel de la structure en surface passant au type prismatique grossier par endroits.

- le maintien de la structure polyédrique grossière sur une plus grande profondeur 50 cm environ.

- l'atténuation des fentes de dessiccation et le moindre développement de la structure prismatique large en profondeur avec passage à une structure peu développée, mais on dégage toujours de l'horizon de belles faces obliques de glissement patinées et striées.

- l'apparition d'une structure prismatique petite en surface se maintenant en profondeur où les prismes présentent des faces de décollement subhorizontales patinées luisantes.

5. Vertisols lithomorphes

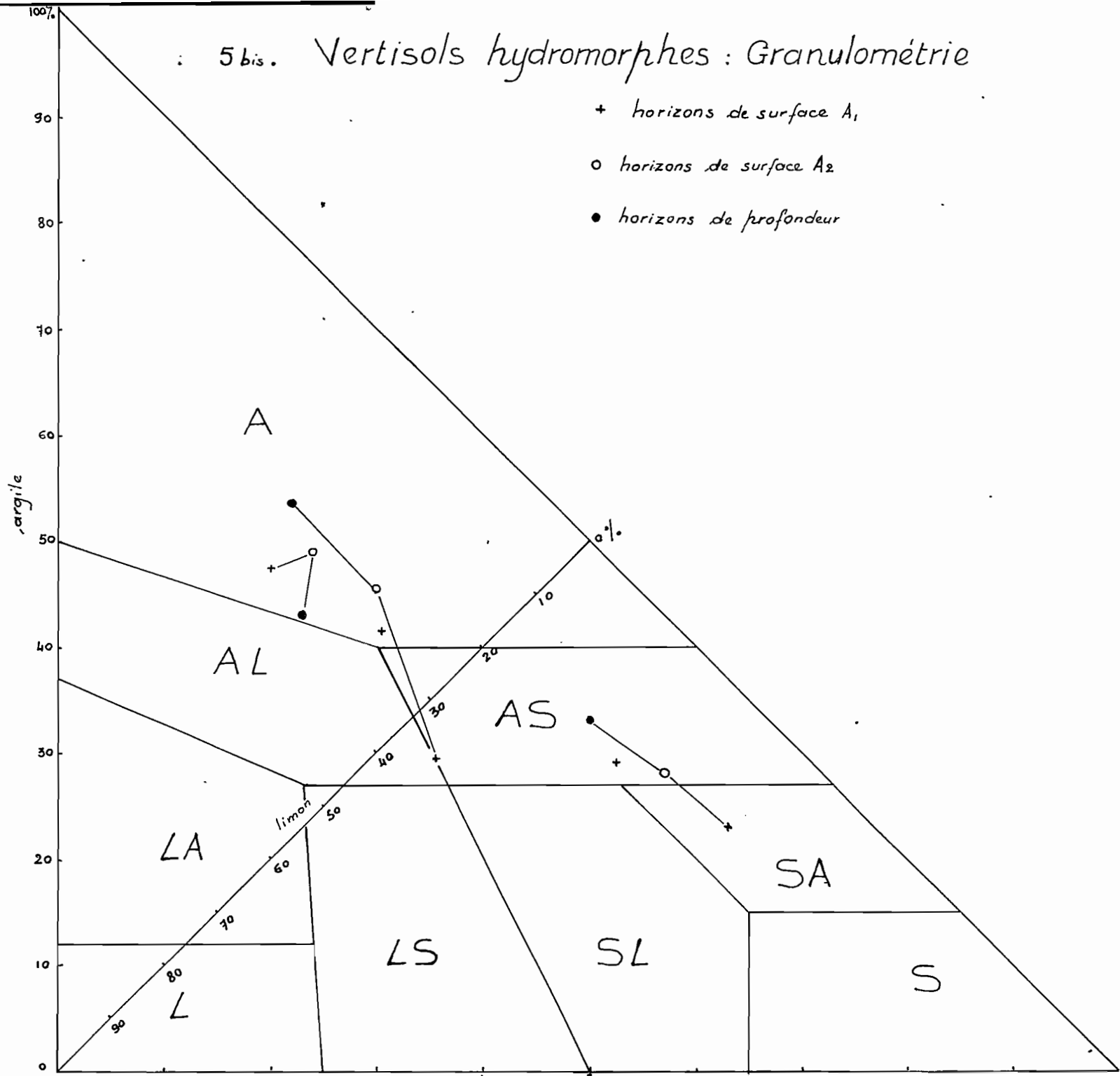


5 bis. Vertisols hydromorphes : Granulométrie

+ horizons de surface A₁

o horizons de surface A₂

• horizons de profondeur



- un élargissement de la structure en surface avec passage aux vertisols à structure large dès la surface, dans les types à recouvrements argilosableux à sabloargileux, mais il subsiste souvent une sous-structure polyédrique grossière à très grossière.

- une réduction de l'épaisseur du profil à 50 cm environ dans les séries peu développées.

Mais les vertisols présentent assez fréquemment des phénomènes de recouvrements superficiels par des apports récents plus ou moins épais sableux, gravillonnaires ou polyphasés sableux à sabloargileux et gravillonnaires. Lorsque les recouvrements ne dépassent pas 40 à 50 cm d'épaisseur, nous avons classés ces sols avec les vertisols typiques dans des séries à recouvrements. Signalons que l'épaisseur des recouvrements dans ce cas se maintient le plus fréquemment autour de 30 cm.

Les recouvrements sableux et gravillonnaires sont souvent brun gris en surface, brun ou encore brun gris en profondeur; les premiers sont peu évolués mal drainés avec une structure à tendance prismatique large, ils peuvent présenter des phénomènes de ségrégation ferrugineuse sous forme de taches brun-rouille et sont alors plus hydromorphes. Les recouvrements gravillonnaires eux sont plus sensibles au mauvais drainage qui s'y traduit par un néoconcrétionnement essentiellement manganifère sous forme de concrétions noires ou (et), sous forme de taches noires soldant les gravillons en concrétions de néoformation.

C.2.2. Etude de la fertilité.

1. Les séries typiques sans recouvrements.

1.1. Les éléments de la fertilité.

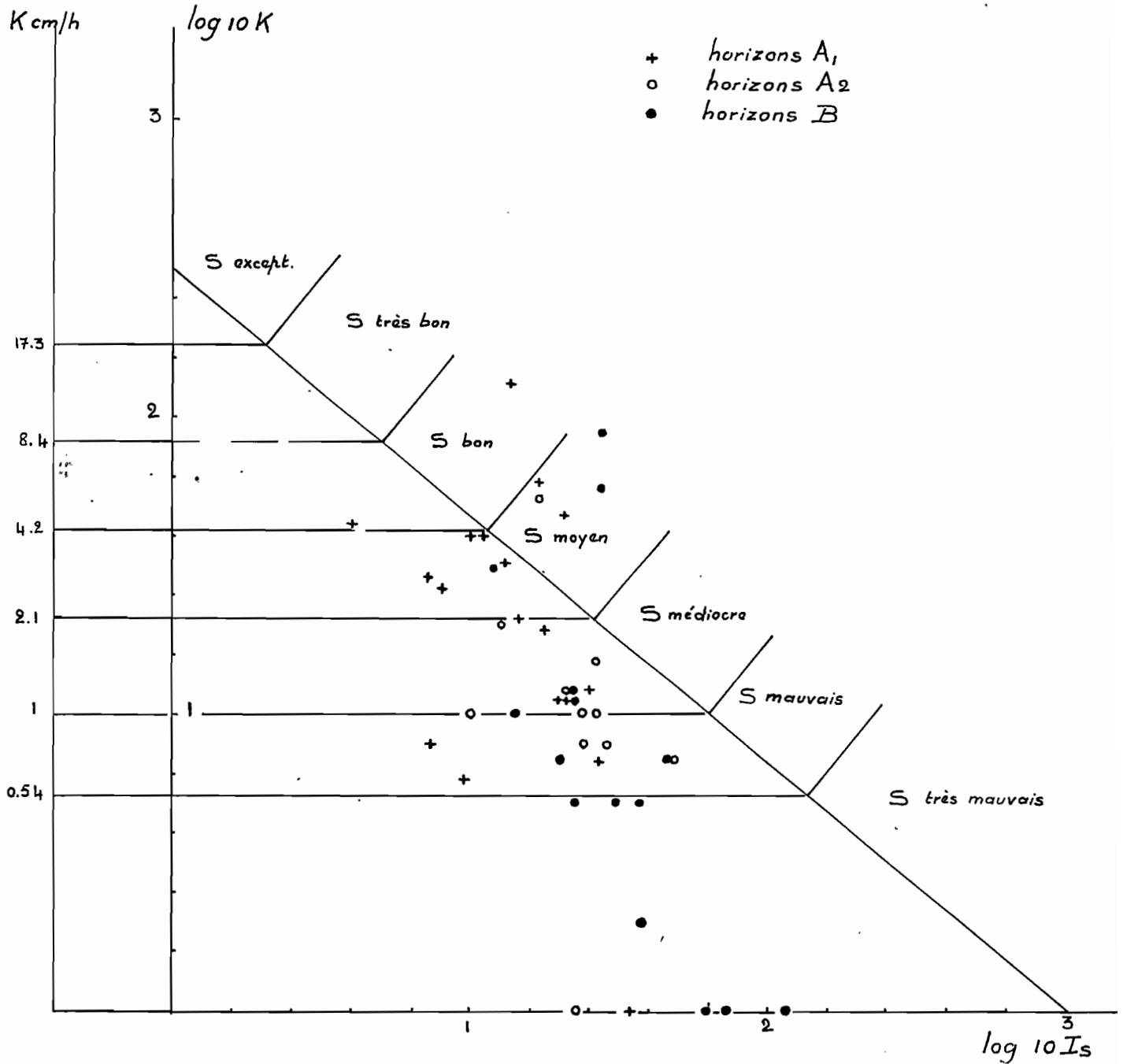
a.- Texture : Le graphique N° 5 donne la texture des séries typiques.

La granulométrie est argilosableuse et argileuse en surface, elle reste constamment argileuse en profondeur. L'argile est ici à large dominance montmorillonitique. Les conséquences de cette texture apparaîtront dans la structure et dans la richesse chimique.

11. Vertisols lithomorphes,

Indice d'instabilité structurale I_s
et perméabilité K

Stabilité structurale S



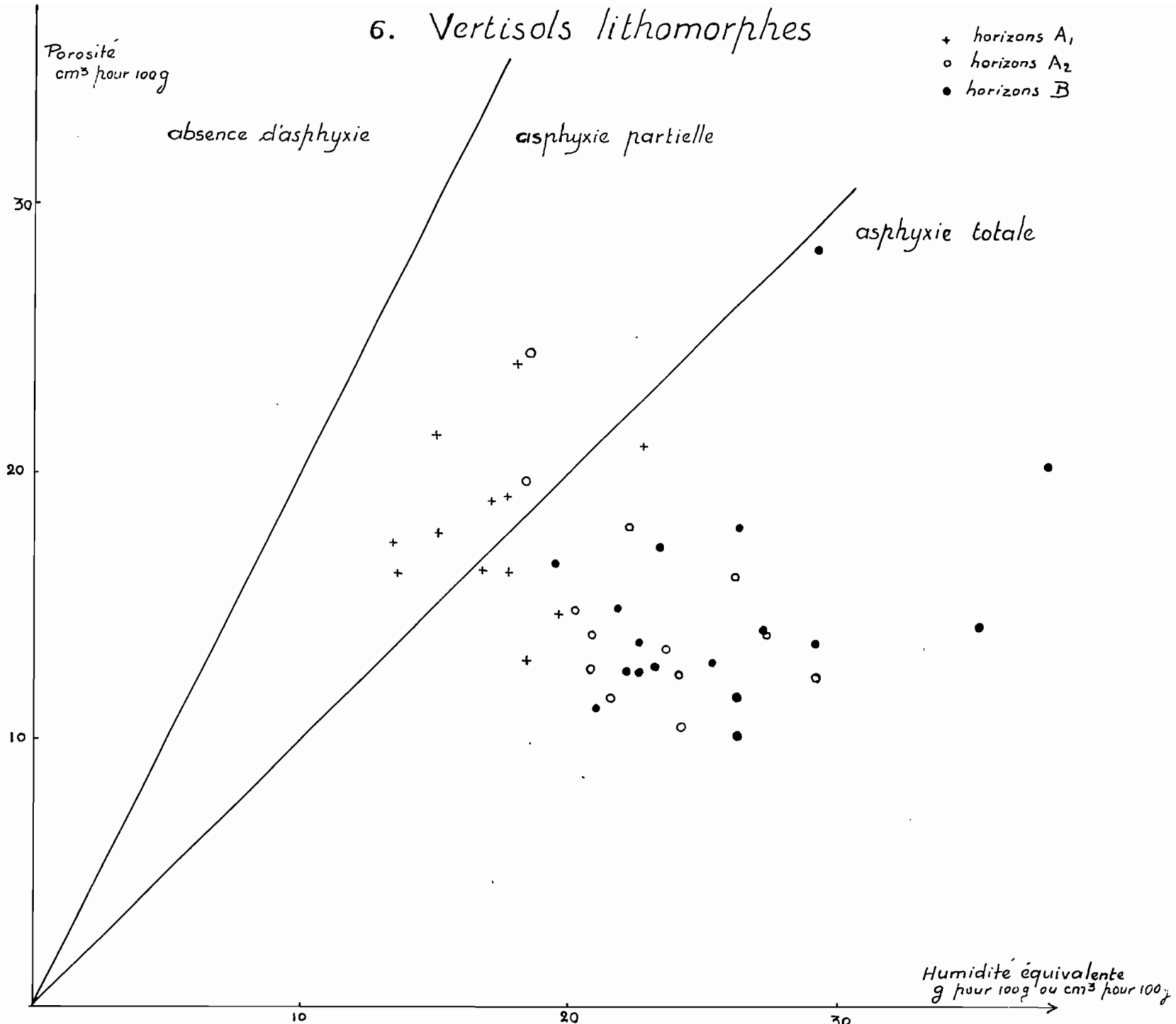
b.- Structure et cohésion: En surface la structure est le plus fréquemment polyédrique grossière à moyenne ou prismatique moyenne à petite bien à très bien développée avec corrélativement une cohésion d'ensemble faible; elle peut devenir partiellement prismatique grossière. Sauf dans ce dernier cas (et partiellement seulement du reste), la structure peut donc être considérée comme relativement petite et bien développée en surface. Cela est d'une importance capitale dans la mise en valeur de ces sols, où la difficulté première réside dans la difficulté de travail du sol. Ici donc, la plupart du temps le labour sera relativement aisé dans ces sols et même parfois très facile, mais il devra être fait avant la saison des pluies, car le sol humide deviendra impossible à labourer à cause de son adhérence et de sa plasticité très élevées. Cela du reste est un gros avantage car il permet l'étalement des labours dans une période où le cultivateur n'est pas bousculé, mais un inconvénient semble être l'exposition de la terre aux rayons solaires.

Les sols très argileux en surface seront toujours bien structurés, l'élargissement de la structure semble corrélatif ici de l'enrichissement en sables. Les types à structure prismatique grossière seront très difficiles à cultiver pour le paysan.

Cette structure de surface est dans plusieurs cas moyennement stables à bien stables, c'est-à-dire que l'état structural créé facilement par le labour résistera assez bien à la dégradation mais malheureusement dans d'autres cas nombreux aussi (un peu moins cependant) la stabilité de la structure est médiocre et même mauvaise, (graphique N° 11): la structure créée par le labour se dégradera rapidement et par conséquent la fertilité physique sera médiocre. Or, la stabilité de ces sols est ici directement sous la dépendance du stock de matière organique et de la proportion de sodium. On peut agir facilement sur le premier facteur par des apports de matière organique que justifie pleinement le haut potentiel de fertilité chimique de ces sols. Quant au sodium il est rarement bien représenté en surface.

La structuration relativement fine des horizons de surface est équivalente à un mulch en saison sèche et qui protège les horizons profonds d'une dessiccation rapide et prononcée. Cet effet est très sensible d'un point de vue pratique : nous n'avons eu aucune peine à sonder les vertisols parce que les

6. Vertisols lithomorphes



horizons profonds restent très souvent suffisamment plastiques.

Ceci a une importance capitale pour une culture comme le cotonnier qui pourra bénéficier d'un bon approvisionnement en eau en début de saison, sèche et même pendant une bonne partie de la saison sèche permettant ainsi une bonne végétation et une bonne fructification du cotonnier pendant cette période.

Les horizons de profondeur ont des structures beaucoup moins bonnes (plus larges avec des phénomènes de remaniements internes intenses dans l'ensemble) et moins stables : dans les horizons A₂ la stabilité structurale est médiocre à mauvaise dans les horizons B elle est médiocre à très mauvaise. Ces caractères sont un gros obstacle à la pénétration des racines, les mouvements de masse seraient même capables de provoquer la rupture des racines.

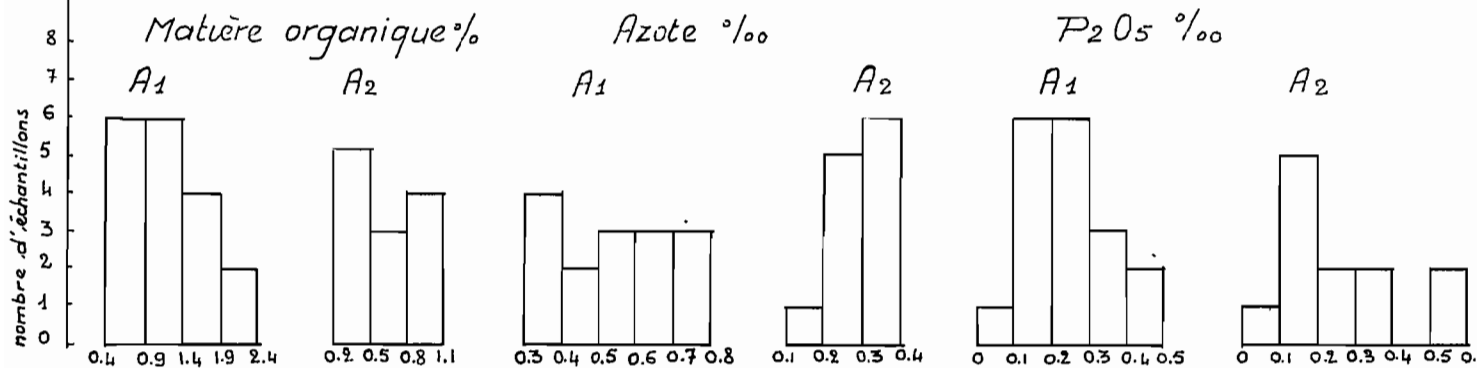
c. La porosité. : graphique N° 6 . La macroporosité des mottes est faible à nulle en surface : les points figuratifs des horizons A₁ se partagent entre les zones à asphyxie partielle et à asphyxie totale. La macroporosité est donc essentiellement assurée par une porosité d'agrégats qui se détériorera dans le cas des structures peu ou pas stables.

En profondeur et dans les horizons intermédiaires, la macroporosité des mottes est nulle : les points figuratifs sont, à deux exceptions près concernant des horizons intermédiaires, entièrement situés dans la zone à asphyxie totale, la macroporosité est uniquement assurée par les fentes de dessiccation qui disparaîtront à la réhumectation. Les horizons de profondeur sont donc typiquement asphyxiant et leur stabilité structurale, mauvaise dans l'ensemble, laisse très peu d'espoir à une amélioration durable possible.

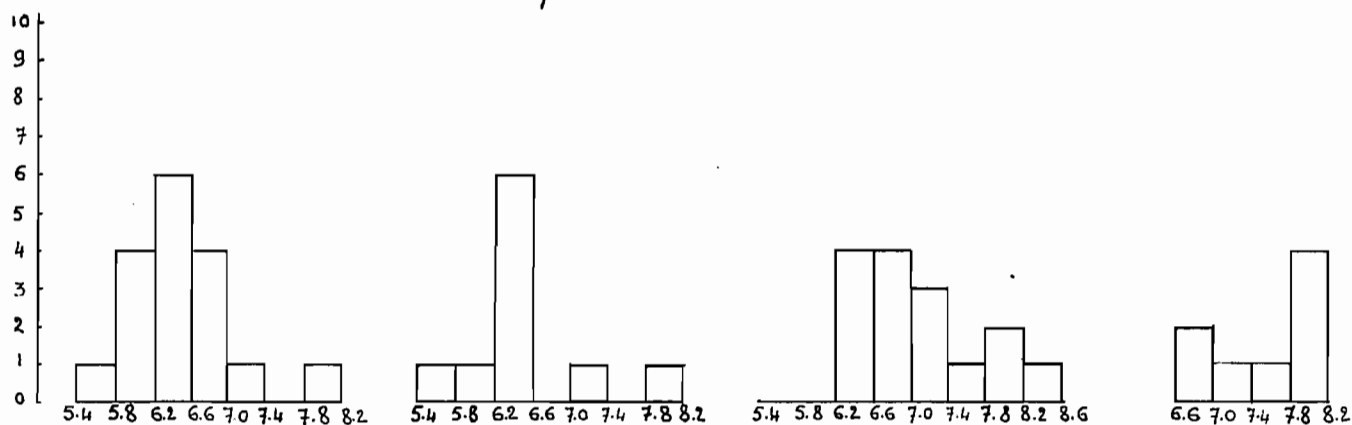
Il faudra en conséquence, maintenir dans les horizons de surface sur lesquels on peut agir facilement, une fertilité physique correcte.

d. L'eau utile. : Les quantités d'eau utile données par l'analyse sont seulement moyennes en profondeur, tandis qu'en surface, elles sont faibles à moyennes. Il semble que si les quantités d'eau fixées sont élevées (forte capacité d'échange), les quantités non utilisables par les plantes (eau au point de flétrissement) soient aussi élevées, ce qui restreint les quantités d'eau

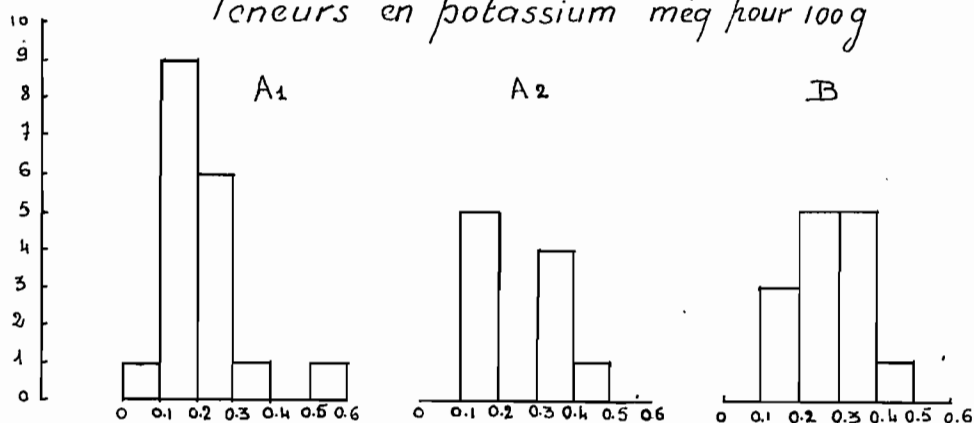
7. Vertisols lithomorphes



pH



Teneurs en potassium még pour 100g



d'eau utile. Mais cette notion n'a pas une grande importance pour ces sols situés sous climat semi-humide en position de drainage externe imparfait et constamment maintenus au-delà de la capacité d'échange par leur très mauvais drainage interne. Les quantités d'eau utile sont donc en réalité et de ce fait plus élevées, par ailleurs les réserves d'eau des horizons de profondeur sont efficacement protégées contre l'évaporation par le phénomène de self sucking des horizons superficiels.

C'est plutôt l'excès d'eau et corrélativement l'asphyxie qui sera le principal défaut de ces sols pendant la saison des pluies.

e. La matière organique et l'azote. (graphique N° 7)

Les teneurs en matière organique en A₁ peuvent être considérées au point de vue fertilité (échelle de DABIN), comme moyennes à bonnes (0,9 à 2,4 %). Cependant, 1/3 des profils montrent une grande pauvreté en matière organique et corrélativement en azote. Il ne faut pas oublier que ces teneurs correctes en matière organique sont dues au fait que ces sols ne sont pas sous culture. Leur mise en culture sans apport organique amènera donc une diminution rapide du taux de matière organique. Pour des sols non cultivés, la matière organique peut-être considérée comme relativement bien évoluée en surface (C/N surtout compris entre 10 et 14), mais certains échantillons ont des matières organiques de type mal décomposé (C/N de l'ordre de 16 à 18). La mise en culture en accélèrera la décomposition.

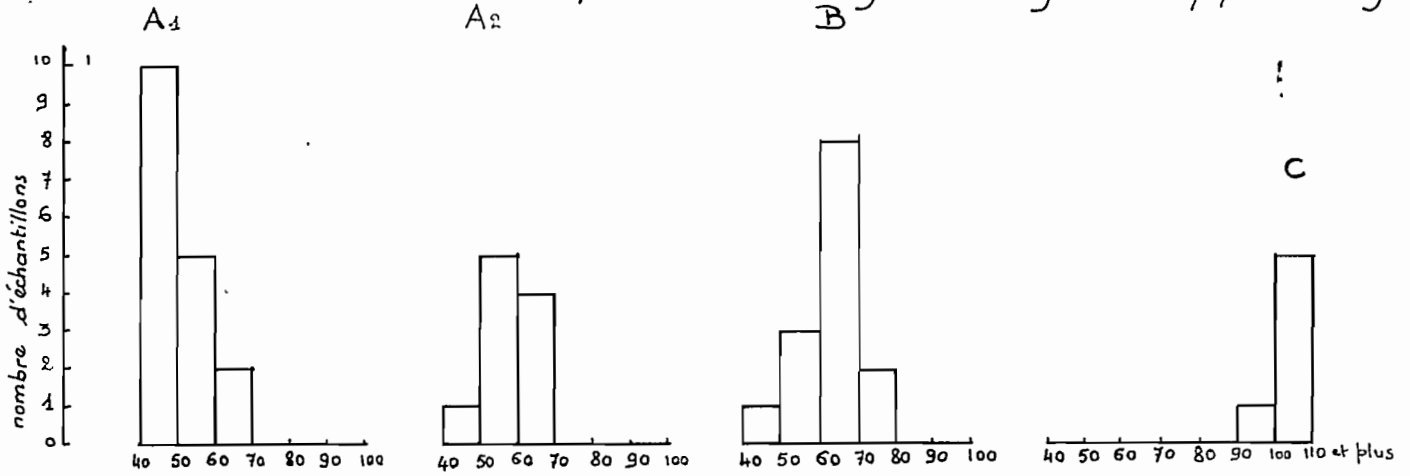
De très nombreux horizons A₂ contiennent encore des quantités correctes de matière organique (0,5 à 1,1 %), mais une assez forte proportion d'entre eux ont des teneurs faibles (0,2 à 0,5 %).

Les teneurs en azote des horizons A₁ sont seulement moyennes pour environ 57 % des échantillons prélevés, mais près de 43 % c'est-à-dire presque la moitié accusent des teneurs en azote faibles (0,3 à 0,5 ‰). L'azote sera donc un facteur limitant de la fertilité dans ces sols.

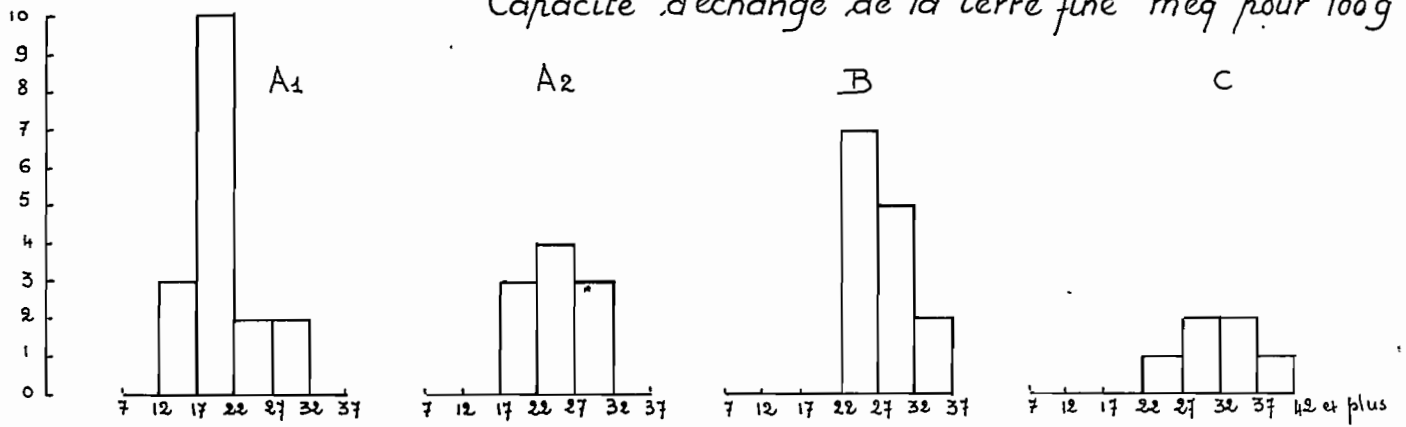
f. Le phosphore : L'ensemble des horizons de surface A₁ accuse des teneurs faibles en phosphore (inférieures à 0,5 ‰). La pauvreté en phosphore est donc plus marquée que la pauvreté en azote. Aussi sur l'abaque de fertilité de DABIN (graphique N° 9) une bonne partie des échantillons de surface (A₁ et A₂) est située dans la zone des teneurs en P₂ O₅ médiocres (par rapport à l'azote) et on retrouve quelques échantillons dans la zone de carence phosphatée nette.

8. Vertisols lithomorphes

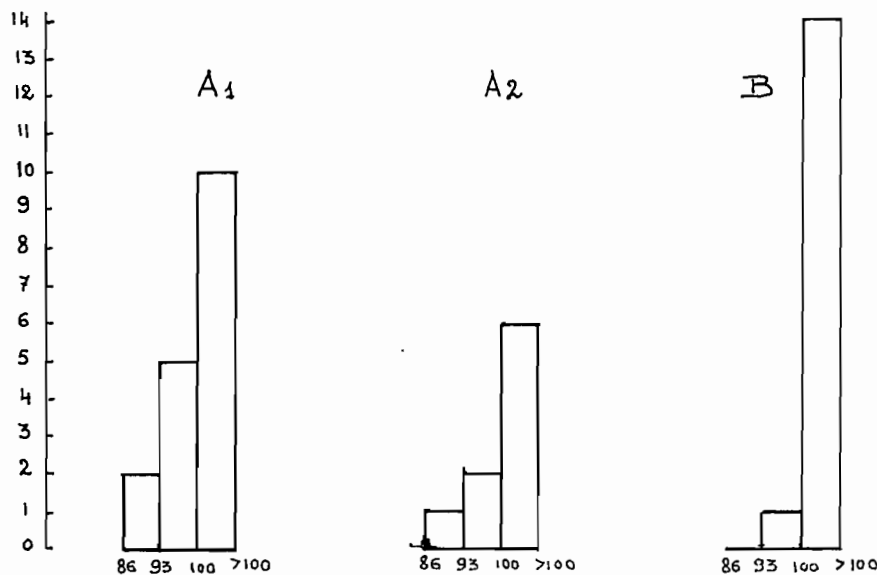
Capacité d'échange des argiles még pour 100 g



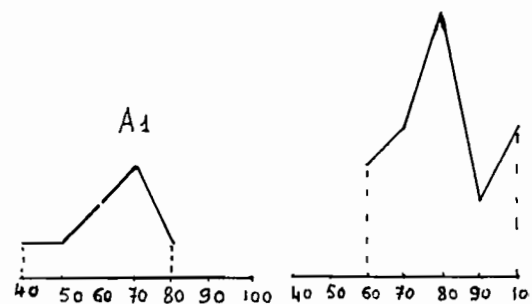
Capacité d'échange de la terre fine még pour 100g



Saturation du complexe absorbant



Teneur de la fraction argileuse en montmorillonite



La fumure phosphatée sera donc encore plus impérative que la fumure azotée.

Cette pauvreté en $P_2 O_5$ se maintient dans les horizons A_2 où on voit apparaître cependant quelques échantillons à teneurs moyennes en $P_2 O_5$ (0,5 à 0,6 ‰). (graphique N° 7)

Ces teneurs se relèvent dans certains horizons de profondeur pour les sols à matériaux originels riches en $P_2 O_5$, mais dans l'ensemble elles restent médiocres.

g. Richesse minérale.

g.1. Somme des bases échangeables, taux de saturation. (graphique N° 8)

Nous n'avons pas représenté ici la somme des bases échangeables à cause de certaines quantités très élevées dans les horizons calcaires nombreux.

Par contre la capacité d'échange de la terre fine élevée à très élevée tant en A_1 (12 et surtout 17 à 32 méq pour 100 g de terre) qu'en A_2 (17 à 32 méq pour 100 g de terre) et en B (22 à 27 méq pour 100 g de terre) jointe à un taux de saturation très élevé toujours supérieur à 85% et le plus souvent compris entre 93 et 100% témoignent d'une richesse élevée en bases échangeables où dominant Ca et Mg avec parfois Mg plus représenté que Ca, mais où le sodium est aussi comme on l'a vu souvent trop largement représenté. La capacité d'échange élevée des argiles (graphique N° 8) justifie ces valeurs.

Par ailleurs, les réserves minérales de ces sols sont très élevées. Le pH descend très rarement en-dessous de 5,8 et il est le plus souvent compris entre 6,2 et 7,0 en A_1 et A_2 et 6,2 et 7,4 en B. (graphique N° 7)

g.2. Le potassium : (graphique N° 7)

Plus de la moitié des horizons A_1 (55%) et près de la moitié des horizons A_2 (46%) ont des teneurs en potassium faibles (inférieures à 0,2 méq pour 100 g de terre). Les teneurs supérieures ou égales à 0,2 méq pour 100g restent cependant en grosse majorité seulement moyennes (0,2 à 0,4 méq pour 100 g).

Ces teneurs ne s'améliorent guère en profondeur où l'alcalinité du pH peut provoquer une certaine rétrogradation du potassium assimilable.

h. Profondeur : Elle est suffisante dans la plupart des cas et même dans les vertisols peu développés, la roche-mère friable est encore exploitable par les racines.

i. Le drainage et l'érosion : La plupart de ces sols joignent à un drainage interne très déficient un drainage externe imparfait, mais leur imperméabilité lorsqu'ils sont gorgés d'eau les rend très susceptibles à l'érosion et ils montrent sous le stéréoscope un chevelu très dense de petits talwegs.

1.2. Fertilité d'ensemble et utilisation.

La richesse minérale très élevée confère à ces sols un haut potentiel de fertilité qui est malheureusement limitée par une déficience azotée, phosphorée et potassique et par de mauvaises caractéristiques physiques.

Nous conseillons donc des apports de matière organique que justifie l'intérêt de ces sols, et une fumure minérale équilibrée de type N-P-K.

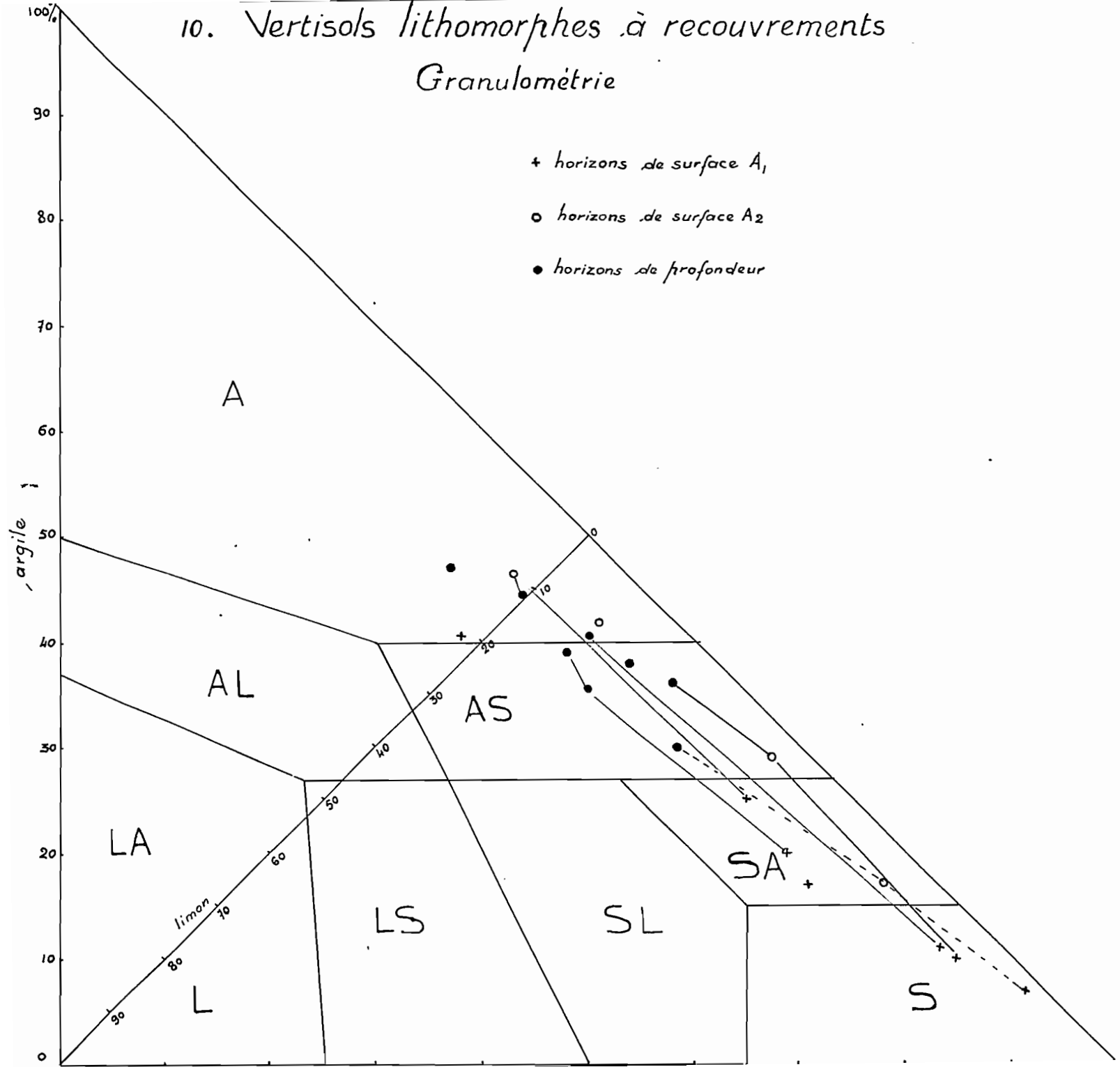
Ces sols conviennent très bien au sorgho, ils devraient convenir aussi au maïs et même au coton, car ils sont les homologues des "regurs" des Indes ou "Black cotton soils".

Dans les régions tropicales où le potentiel de fertilité des sols est généralement faible, les vertisols méritent toute l'attention des utilisateurs et revaloriseront parfaitement bien les investissements qu'ils nécessitent:

- apport de matière organique.
- fumure N-P-K.
- contrôle de l'écoulement des eaux.

10. Vertisols lithomorphes à recouvrements

Granulométrie



2. Les séries à faibles recouvrements. (texture: graphique N° 10)

La nature sableuse ou gravillonnaire des recouvrements contribue à diminuer fortement la richesse chimique des horizons superficiels.

Cas des apports sableux et sabloargileux : la somme des bases échangeables garde, grâce au milieu vertique, des valeurs moyennes (5 à 6 méq) pour les premiers et bonnes pour les deuxièmes (autour de 13 méq pour 100 g de terre); les teneurs en matière organique, en azote et en phosphore sont inchangées par rapport aux vertisols typiques, la fumure sera donc inchangée.

Au point de vue physique, la fertilité naturelle est médiocre : ces apports sableux étant mal drainés, la structure est souvent du type prismatique peu développée avec une cohésion forte ; la macroporosité est essentiellement d'origine animale et végétale et non d'agrégation.

Dans de nombreux profils la discontinuité entre les apports sableux et l'argile vertique est marquée par une ligne ou une couche de dessiccation, il y a engorgement défavorable aux racines à la base de l'horizon sableux. Pour éviter cela il faut supprimer cette discontinuité par des labours profonds qui alourdisent la texture superficielle. Dans le cas où cela n'est pas possible, les horizons sableux risquent une dessiccation rapide au dessus de l'argile vertique dont ils seront coupés au point de vue alimentation en eau par la ligne de dessiccation. Dans ce cas donc ces terres ne pourront pas être utilisées pour le coton, elles devront être alors réservés à l'arachide et aussi de par leur position plane et mal drainée au sorgho, mais celui-ci risque d'y souffrir en année pluvieuse. Par ailleurs, lorsque la discontinuité est très proche de la surface l'homogénéisation par un labour sera de rigueur, sinon, les plantes risqueront un engorgement prononcé et très nuisible.

Nous conseillons donc pour ces terres un labour profond avec si possible des apports de matière organique et une fumure N-P-K;. On peut alors obtenir de ces sols quand les horizons sableux ne sont pas très épais et ont pu être mélangés à l'argile vertique un potentiel de fertilité élevée.

Cas des apports gravillonnaires : le bilan hydrique reste le même que précédemment, la dessiccation est encore plus rapide et l'engorgement reste

menaçant. Dans le cas d'apport peu épais il faudra pratiquer aussi une homogénéisation de fumure équilibrée N.P.K.

Mais ces labours pourtant nécessaires seront difficilement praticables dans le cadre de l'agriculture traditionnelle où la profondeur de travail du sol dépasse rarement 10 à 15 cm. Souvent dans le cas des apports sableux les paysans se contentent de les rassembler en buttes pour la culture, mais cette pratique ne fait qu'exhalter sur ces sols les phénomènes d'érosion hydrique.

Cas des apports argilosableux à sabloargileux : ces sols sont assez identiques aux vertisols typiques, mais ici il semble que le squelette sableux réalise un élargissement de la structure très défavorable pour le travail du sol. Ces sols seront donc difficilement mis en valeur dans le cadre de l'exploitation traditionnelle. C'est du reste la raison pour laquelle nous avons conseillé précédemment et corrélativement aux labours profonds des amendements organiques pour améliorer une structure qui risque sans cela d'être mauvaise.

- Conclusion -

Grâce à un travail profond du sol et à des apports de matière organique (deux conditions malheureusement non ou difficilement réalisables en culture traditionnelle) ces sols, lorsque les apports sont peu épais, peuvent acquérir un potentiel de fertilité élevée qui peut permettre les mêmes utilisations que les vertisols typiques, mais en culture traditionnelle avec travail du sol faible ou inexistant, ils auront une fertilité médiocre qui les fera réserver pour l'arachide et le sorgho, avec des aléas en cas de sécheresse prolongée ou de saison très pluvieuse.

C.2.3. Répartition et cartographie

Les vertisols occupent de grandes superficies dans le Sud des Bassins versants des VOLTAS ROUGE et BLANCHE (Régions de ZABRÈ et ZIOU), dans les régions de NIAOGO-KAÏBO, GOGO, NIANGADÉ-WADA (VOLTA BLANCHE), où ils ont été cartographiés.

cartographiés seuls. Dans les régions schisteuses de GUENON (VOLTA ROUGE), du BOMBORÉ, de l'Est de GAONGO, de MOAKEN) de GOUDRI (VOLTA BLANCHE) ils sont associés aux sols bruns eutrophes. Dans la région au Sud-Est de NOBÈRÈ sur la rive gauche de la VOLTA ROUGE on les retrouve associés à des sols hydromorphes et à des lithosols sur granites et cuirasses.

D. LES SOLS A MULL

D.1. Les Sols bruns eutrophes vertiques.

Les sols bruns eutrophes désignent un ensemble de sols automorphes se développant sous des climats tropicaux humides et subhumides (15) dont nous retenons ici comme caractéristiques essentielles :

- une couleur relativement foncée dans les horizons A du type brun foncé non liée à des quantités importantes de matière organique.
- une saturation en bases élevée
- une bonne capacité d'échange de cations
- une fraction argileuse où sont encore bien représentées les argiles du type 2/I : illites et montmorillonites.
- une matière organique bien évoluée du type mull : caractère retenu par la classification française au niveau de la classe.

Nous avons réuni nos sols dans un sous-groupe vertique à cause de leur tendance vers les vertisols se manifestant par une structure souvent prismatique variable ou polyédrique grossière alors que les sols bruns eutrophes sont considérés comme ayant une structure fine en surface.(15)

D.1.1. Famille sur argile d'altération de schistes.

C'est la seule famille de ce sous-groupe qui ait été cartographiée.

1. Morphologie.

Ces sols sont développés sur un matériau argileux dérivé de schistes qui peut en fait reposer sur des matériaux divers : gravillons ferrugineux ou graviers de schistes ou de quartz, schistes altérés... Nous avons distingué les séries de sols d'après la nature de ces matériaux et aussi d'après la position topographique, le développement et la nature de la structure.

a. Séries bien développées de colmatage des talwegs.

Ce groupe de séries est localisé dans l'extrême Nord du Bassin Versant de la VOLTA BLANCHE : régions de GOUDRI, TAMPARA...

Le profil typique comprend :

- un horizon superficiel A_1 de 20 cm environ, brun gris humifère, argileux, à structure prismatique petite à moyenne très bien développée, mais pouvant porter un recouvrement limonoargileux à structure plus large de 10 cm environ.
- un horizon moyen de 1 m environ, brun encore humifère argileux à structure identique.
- un horizon profond plus clair, non humifère, argileux à structure moins bien définie et moins développée.

Les variations autour de ce type consistent en un élargissement de la structure qui peut rester prismatique grossière à large sur l'ensemble du profil .

b. Série bien développée en position de bon drainage externe.

Elle est aussi localisée dans la même région que les séries précédentes, mais elle occupe des lambeaux de plaines colluvio-alluviales bien drainées.

La différenciation est sensiblement la même que précédemment, mais la structure s'élargit en surface et devient prismatique large.

Ces deux séries caractérisent des sols profonds.

c. Séries de GUENON.

Elles se développent dans les reliefs schisteux des régions de GUENON, NYONYOGO, MOAKEN.

Le profil typique comprend :

- un horizon superficiel A₁ de 20 cm environ brun gris, humifère, argileux à structure polyédrique petite bien développée.
- un horizon moyen de 20 cm environ, brun, argileux à structure polyédrique petite bien développée, contenant de nombreux cailloux de schistes altérés ou peu altérés.
- un horizon profond hétérogène, constitué tantôt de schistes, tantôt d'une argile brune à structure polyédrique grossière, observé jusqu'à 85 cm.

Les principales variations autour de ce type sont :

- profil entièrement argileux jusqu'à 90 cm environ puis passant aux schistes altérés
- apparition d'un lit de cailloux et pavés de quartz d'épaisseur variable (30 cm à près d'un mètre) en dessous du 2^o horizon qui est alors essentiellement argileux, ce lit peut reposer sur un horizon brun argileux à structure prismatique petite, riche en plages schisteuses moins altérées.

d. Séries du BOMBORÉ.

Elles se développent sur les schistes argileux de la région au Sud de WEOGOTENGA, traversée par la rivière du BOMBORÉ.

Le profil typique comprend :

- un horizon superficiel de 10 cm environ, brun foncé, humifère, argilolimoneux avec une structure à tendance litée et une cohésion faible.
- un horizon de 15 cm environ, brun gris foncé, humifère, argileux, à structure polyédrique moyenne et grossière assez bien développée.
- un horizon brun plus vif, de 25 cm environ, moins humifère, argileux à structure polyédrique moyenne à petite assez bien développée.

- des horizons d'environ 70 cm d'épaisseur, gravillonnaires et gravelleux (graviers de schistes essentiellement) avec un concrétionnement manganifère traduisant une hydromorphie cependant assez faible. L'hydromorphie peut l'intensifier vers le bas.

e. Séries de la piste GAONGO- VOLTA BLANCHE.

Ici le matériau argileux superficiel repose un matériau gravillonnaire ou caillouteux qui repose lui-même sur une argile brune d'altération de schistes à caractère brun eutrophe.

Elles se développent sur les schistes argileux de la région de la piste GAONGO-VOLTA BLANCHE.

Ces différents matériaux ont des épaisseurs variables, le matériau argileux de surface peut avoir 40 à 60 cm d'épaisseur, l'horizon gravillonnaire ou caillouteux dont les gravillons ou cailloux peuvent être noyés dans une argile à tendance verticale, peut avoir 40 à 15 cm d'épaisseur.

L'horizon argileux d'altération de schistes en profondeur, qui est brun à structure polyédrique grossière à moyenne assez bien ou bien développée peut contenir des morceaux de schistes ou des nodules calcaires, il apparaît vers 80 à 50 cm de profondeur.

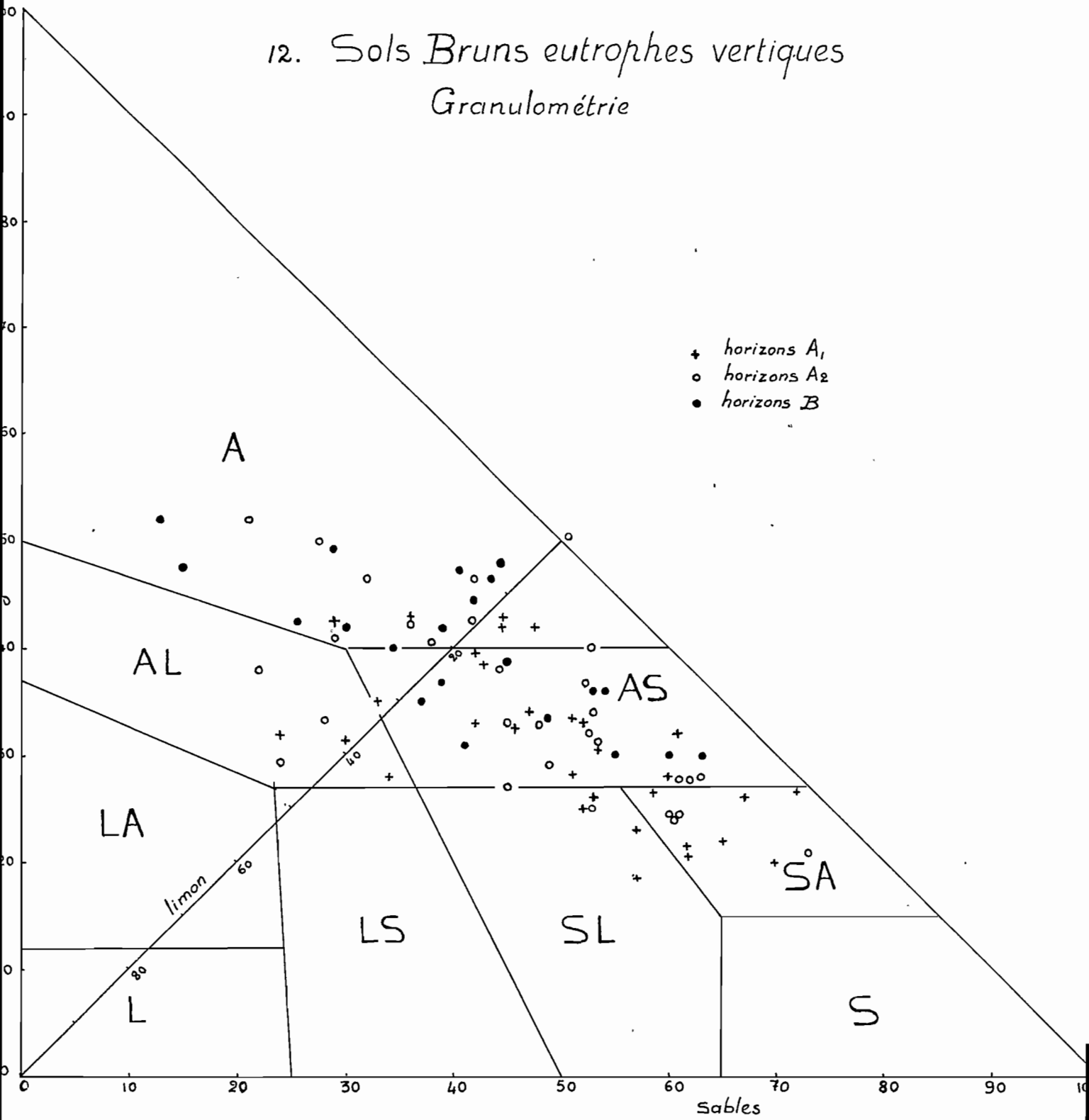
Le matériau argileux superficiel comporte :

- un horizon superficiel A₁ d'environ 15 cm brun gris à gris brun, humifère, argileux à argilosableux ou argilolimoneux, à structure non développée.
- un horizon brun à brun gris ou brun olive argileux à structure polyédrique moyenne à grossière moyennement développée avec une surstructure prismatique

f. Séries passant aux vertisols.

Les sols bruns eutrophes passent fréquemment aux vertisols avec lesquels du reste ils sont associés. Ce groupe de séries rassemble ces termes de passage. Le profil typique comporte :

12. Sols Bruns eutrophes vertiques
Granulométrie



- un horizon A de 40 cm environ, souvent différencié en 2 horizons, brun humifère à structure soit polyédrique grossière ou prismatique petite, soit prismatique grossière bien développée.

- un horizon B souvent différencié en 2 horizons, d'environ 60 cm

à 1m plus compact, argileux, à structure prismatique moyenne à petite avec tendance à la plaquette à faces de décollement subhorizontales nettes à tendance patinée et même patinées, cette structure est souvent moyennement développée.

D.1.2. Famille sur argile d'altération de granites.

Cette famille qui n'a pas été cartographiée a une très faible importance, elle est localisée à des points d'observation sans extension. Ce sont des sols à profils peu développés de l'ordre de 60 cm plus typés d'une façon générale que précédemment, comportant

- un horizon superficiel de 15 à 20 cm brun foncé, humifère, argileux, à structure fine nuciforme, grenue, polyédrique très bien développée.

- un horizon brun de 40 cm environ, souvent différencié en 2 horizons, encore humifère, à structure polyédrique grossière très bien développée pouvant être très calcaire.

- un horizon d'altération de granite, plus ou moins argileux selon le degré d'altération, pouvant parfois être déjà calcaire.

Certains des profils sont des sols jeunes comprenant :

- un horizon unique de 30 cm environ brun foncé, humifère, argileux, à structure polyédrique grossière à tendance prismatique très bien développée reposant sur le granite en voie d'altération friable.

D.1.3. Fertilité des sols bruns eutroques vertiques.

1. Les éléments de la fertilité.

a. La texture

Le graphique N°12 donne la granulométrie des sols bruns eutroques vertiques. Les matériaux originels tant en surface qu'en profondeur sont argilo-sableux et argileux. Les granulométries sabloargileuses sont dues à quelques

13.

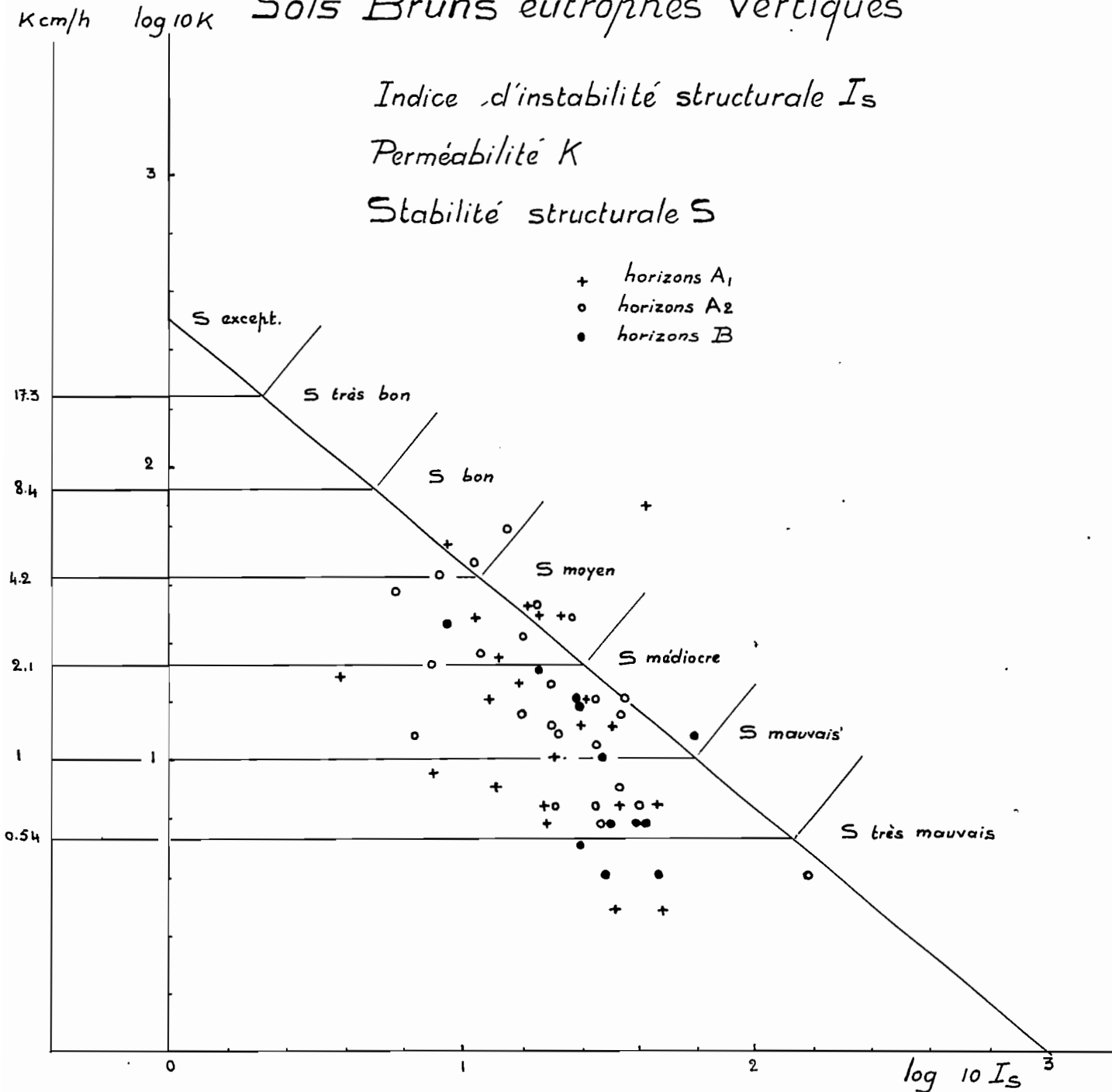
Sols Bruns eutrophes vertiques

Indice d'instabilité structurale I_s

Perméabilité K

Stabilité structurale S

- + horizons A_1
- o horizons A_2
- horizons B



rare recouvrements superficiels et surtout à une sous évaluation probable du taux d'argile.

L'argile est ici à dominance kaolinitique mais les argiles du type 2/1 (groupes des illites et de la montmorillonite) sont encore assez bien représentées.

Les conséquences de cette texture et de cette minéralogie des argiles sont le maintien d'une bonne richesse en éléments minéraux, mais, aussi une tendance au mauvais drainage interne.

Mais ces matériaux argileux sont d'épaisseurs variables et reposent dans certaines séries sur des niveaux gravillonnaires ou gravelleux.

b. Structure et cohésion.

Horizons de surface : la structure est variable, tantôt elle est prismatique large à grossière avec une cohésion forte : le travail du sol est alors difficile en culture traditionnelle et pourtant il est plus que jamais nécessaire pour améliorer une structure très défavorable aux racines tant au point de vue pénétration qu'au point de vue aération, tantôt elle est prismatique petite à tendance polyédrique grossière ou polyédrique grossière bien développée : dans ce cas le travail du sol sera facilité en saison sèche, tantôt elle est polyédrique petite à moyenne bien développée (série de GUENON) et le travail du sol est très facile en saison sèche.

La facilité d'utilisation en culture traditionnelle dépendra donc de la structure de l'horizon de surface et les séries les plus facilement utilisables à cet égard sont surtout celles de GUENON et du BOMBORÉ dans la famille dérivée de schistes, et toutes les séries de la famille dérivée de granites ou de gneiss.

Mais les améliorations structurales apportées par le travail du sol seront peu stables dans la plupart des cas : stabilité Structurale DABIN médiocre à mauvaise et même très mauvaise, quelques échantillons seulement possèdent une stabilité structurale moyenne à bonne. (graphique N° 13)

14. Sols Bruns eutrophes vertiques

Porosité

- + horizons A₁
- o horizons A₂
- horizons B

P cm³ pour 100g

absence d'asphyxie

asphyxie partielle

asphyxie totale

30

20

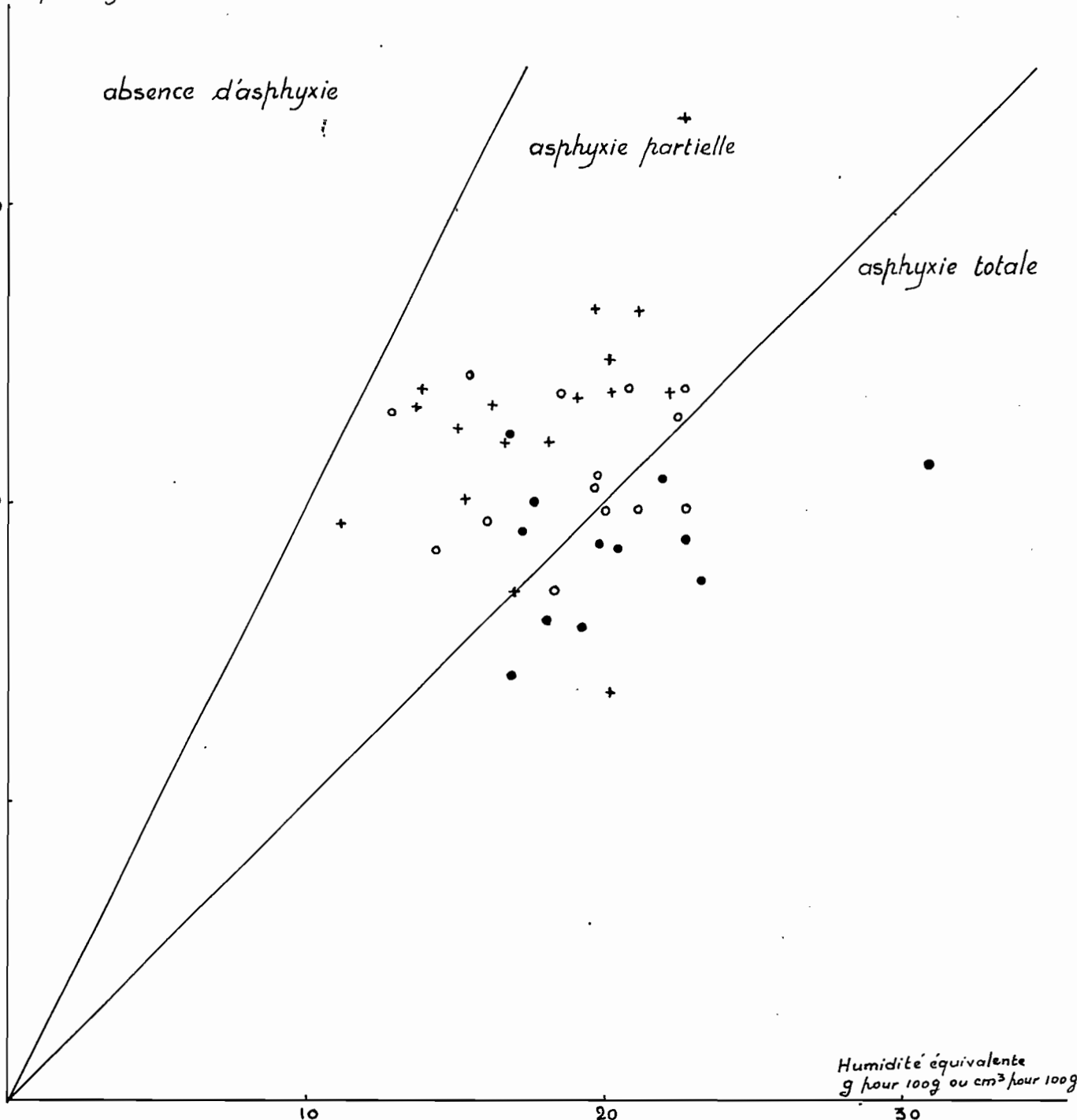
10

10

20

30

Humidité équivalente
g pour 100g ou cm³ pour 100g



Nous conseillerons donc en culture rationnelle des apports d'amendements organiques qui contribueront à améliorer les caractéristiques physiques de ces sols.

Horizons de profondeur.

Là encore la structure est variable. Le plus souvent/est^{elle} soit prismatique petite à tendance polyédrique grossière moyennement à bien développée, soit polyédrique moyenne à grossière bien développée (séries de GUENON) à moyennement développée : ces structures sont dans l'ensemble plus favorables à la pénétration des racines que dans les vertisols, mais leur stabilité est médiocre à mauvaise dans l'ensemble, il existe cependant quelques échantillons à stabilité structurale moyenne à bonne. Mais elle peut être aussi prismatique large à grossière avec une cohésion forte : dans ce cas elle est moins favorable à la pénétration des racines.

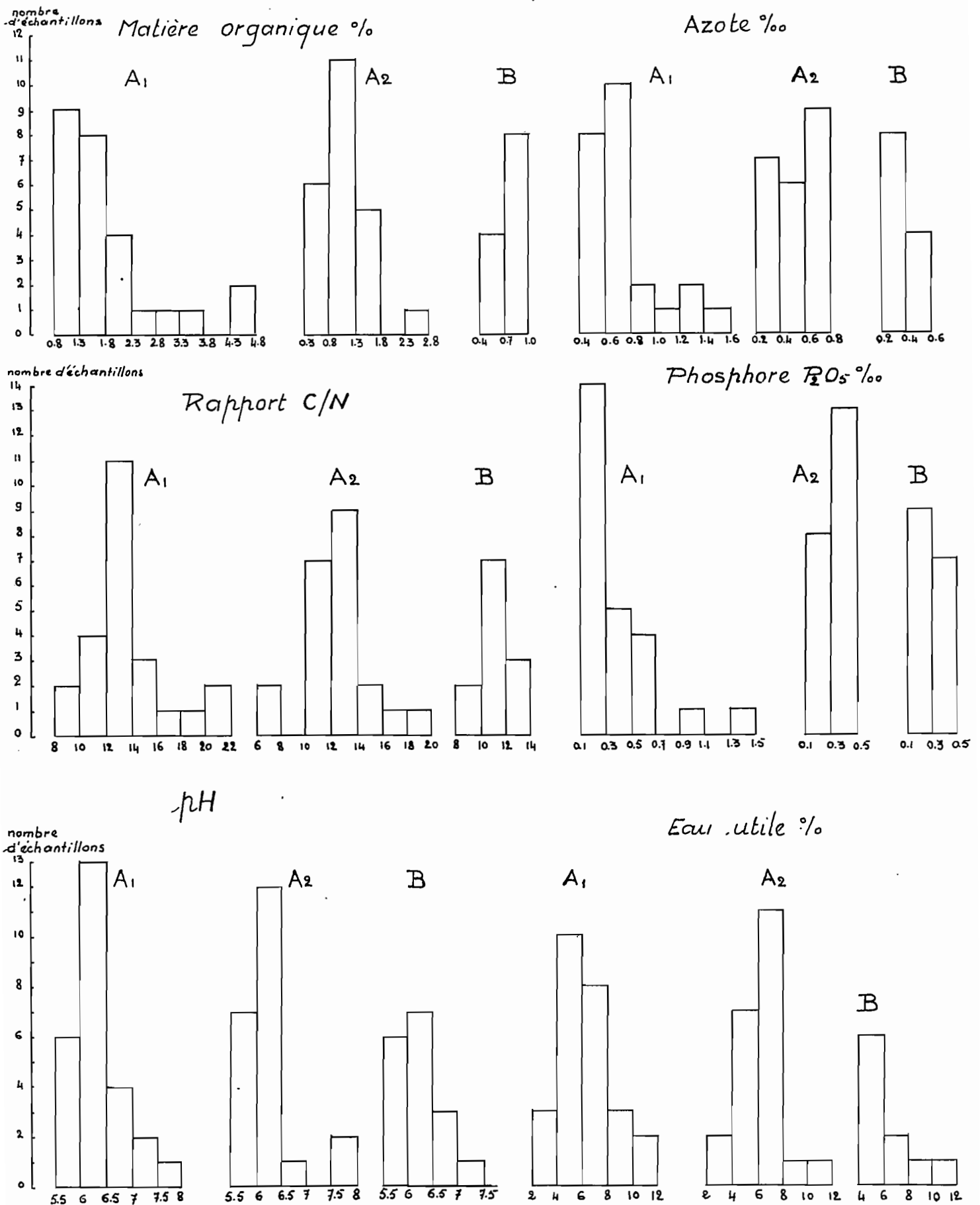
c. La porosité : graphique N° 14

La macroporosité bien qu'encore faible, marque un net progrès sur les vertisols : le nuage des points figuratifs des horizons superficiels A₁ est situé en plein milieu de la zone à asphyxie partielle, celui des horizons intermédiaires A₂ est situé aussi pratiquement dans la zone à asphyxie partielle avec un léger débordement dans la zone à asphyxie totale, et celui des horizons profonds B peut être considéré comme pratiquement à cheval sur les zones à asphyxie totale et à asphyxie partielle. Ces sols sont mieux aérés que les vertisols mais ils ont encore nettement besoin d'une amélioration de leur structure par le travail du sol et des apports de matière organique.

d. L'eau utile Graphique N°15

En surface, les échantillons se partagent entre des teneurs en eau utile faible (2 à 6%) et des teneurs en eau utile moyennes à assez bonnes (6 à 12%). Dans les horizons moyens, A₂, si les teneurs extrêmes plus élevées deviennent moins fréquentes, par contre, la fréquence des teneurs moyennes (6 à 8%) augmente. Mais dans les horizons plus profonds, horizons appelés ici B, la fréquence des teneurs faibles (4 à 6%) augmente. Il faut peut être voir

15. Sols Bruns eutrophes vertiques



dans cette diminution des quantités d'eau utile en profondeur une influence de la matière organique en surface.

Mais de part leur drainage interne et souvent interne et externe imparfaits, ces sols sont le plus souvent maintenus au-delà de la capacité au champ, leur texture argileuse, les protège contre une évaporation trop rapide et le manque d'eau ne semble devoir constituer un élément limitant de la fertilité.

e. La matière organique et l'azote. (graphique N° 15)

Tous les horizons de surface A₁ présentent ici des teneurs supérieures à 0,8% (teneur pouvant être considérée comme moyenne en fertilité tropicale) et comprises pour la grosse majorité des échantillons entre 0,8 et 1,8%. Les teneurs extrêmes ne dépassent pas 3,3%.

Ces teneurs moyennes à bonnes (0,8 à 1,8%) ont encore une fréquence très élevée dans les horizons A₂ témoignant dans l'ensemble d'une assez bonne répartition de la matière organique en profondeur.

La grosse majorité des rapports carbone sur azote C/N sont compris en A₁ entre 10 et 14, on peut donc considérer qu'il s'agit d'une matière organique assez bien évoluée dans la majorité des cas, mais un certain nombre de profils ont des C/N élevés (14 à 22) caractérisant des matières organiques moins bien évoluées. Dans les horizons moyens A₂, les rapports C/N restent compris essentiellement entre 10 et 14 avec cependant une diminution de la fréquence des C/N compris entre 12 et 14 par rapport aux horizons A₁. Ces valeurs indiqueraient une tendance à la mauvaise évolution de la matière organique, mais elles se justifient assez mal si on pense qu'il s'agit de matière organique de migration donc mieux évoluée qu'en A₁.

Les teneurs en azote des horizons A₁ sont dans l'échelle de fertilité tropicale DABIN moyennes dans l'ensemble : 0,4 à 0,8‰ pour la très grosse majorité des échantillons avec des valeurs extrêmes allant de 0,8 à 1,6‰. Plus de 50% des horizons moyens A₂ ont encore des teneurs moyennes en azote.

La fertilité azotée est donc moyenne dans l'ensemble de nos sols bruns eutrophes vertiques.

f. le phosphore. (graphique N° 15)

En surface, les teneurs en $P_2 O_5$ sont faibles dans la grosse majorité (79%) des échantillons : 0,1 à 0,5‰.

Dans les horizons A_2 comme dans les horizons profonds, les teneurs en $P_2 O_5$ ne dépassent jamais 0,5‰.

L'abaque de fertilité DABIN (graphique N°16) montre que l'équilibre N- $P_2 O_5$ est médiocre à mauvais dans la majorité des échantillons (zone des teneurs en $P_2 O_5$ médiocres et zone de carence en $P_2 O_5$). Cet équilibre est bon dans quelques rares cas seulement.

Le phosphore est donc un élément limitant de la fertilité de ces sols et la fumure phosphatée sera considérée comme un impératif. Elle sera facilement rentabilisée par le potentiel de fertilité assez élevé de ces sols.

g. Richesse minérale.

g.1. Somme des bases échangeables. Taux de saturation et pH.

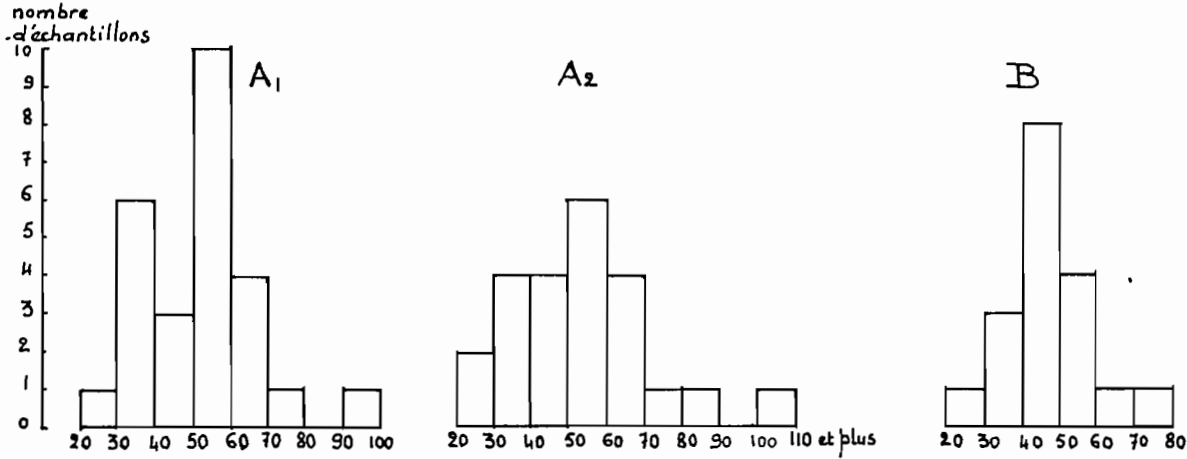
Les valeurs du taux de saturation tant en surface qu'en profondeur sont toujours supérieures à 80% et pour la très grosse majorité des échantillons elle est supérieure ou égale à 90% particulièrement en surface (graphique N° 17). La capacité d'échange de cations de la terre fine oscille entre 10 et 40 méq pour 100 g. en A_1 avec fréquence très élevée entre 15 et 25 méq pour 100 g, en profondeur elle oscille entre 10 et 35 méq pour 100 avec toujours une fréquence très élevée entre 15 à 25 méq pour 100 g.

La somme des bases que nous n'avons pas représentée est par conséquent toujours située dans les valeurs bonnes à très bonnes (8 à plus de 12 méq pour 100 g.) et le calcium est presque toujours très dominant avec des quantités de sodium négligeables du point de vue effet structural. La capacité d'échange des argiles élevée signale la présence d'argiles 2/1 (graph. N° 17)

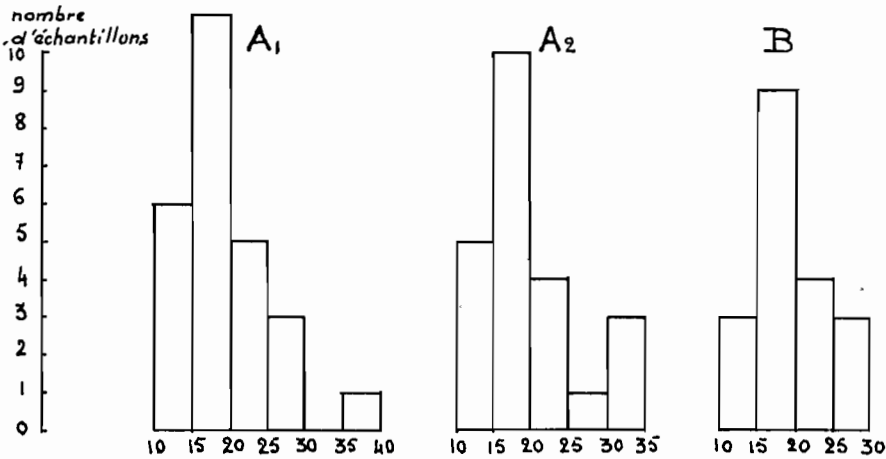
Par ailleurs les réserves minérales de ces sols sont assez bonnes à très bonnes selon les séries, celle de GUENON marquant une très nette supériorité avec des réserves minérales très élevées.

17. Sols Bruns eutrophes vertiques

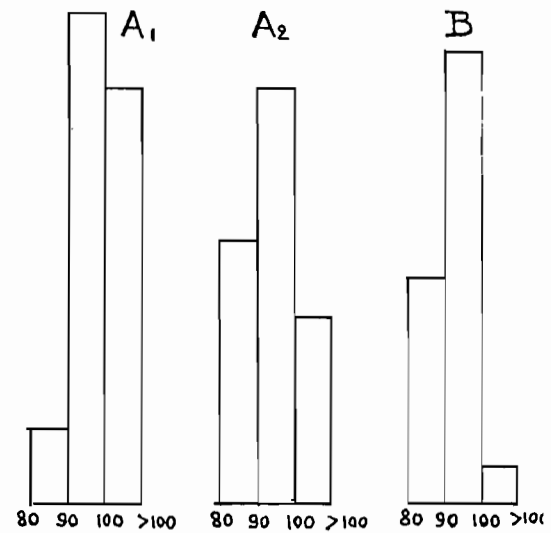
Capacité d'échange des argiles még%



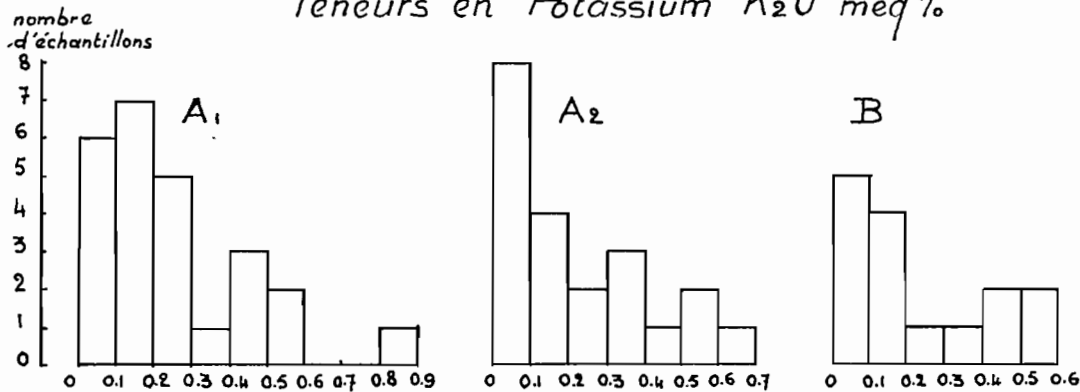
Capacité d'échange de la terre fine még%



Taux de saturation



Teneurs en Potassium K₂O még%



g.2 Le potassium. (Graphique N° 17)

En surface (horizon A₁) les teneurs en potassium sont en majorité faibles : 62% des échantillons ont des teneurs en potassium inférieures à 0,2 méq pour 100 g. de terre, mais une assez forte proportion d'échantillons (38%) ont encore des teneurs moyennes à bonnes 0,2 à 0,6 méq pour 100 g de terre.

En profondeur c'est encore la même dominance des teneurs en potassium faibles avec à peu près les mêmes proportions pour les teneurs moyennes à bonnes.

Nous ne donnerons donc pas de règle générale pour la fumure potassique. Dans certains cas les teneurs très faibles nécessiteront des apports de potassium, mais dans d'autres cas ces apports seront inutiles. L'opportunité de ces apports sera déterminée par des essais.

En conclusion, la richesse minérale de ces sols est bonne à très bonne et l'équilibre des cations est meilleure que dans les vertisols. A cet égard, ces sols pourront convenir à des cultures riches telles le coton et le maïs.

g.3. Le pH : (graphique N°15)

On constate sur le graphique particulièrement dans les horizons A₁ et A₂ une fréquence très élevée pour les valeurs de pH comprises entre 6 et 6,5, les valeurs comprises entre 6 et 6,5 étant négligeables pour ces horizons. On peut donc dire que le pH est faiblement acide sur une bonne profondeur et contribue à maintenir un bon potentiel de fertilité.

h. La profondeur.

Dans certaines des séries de sols bruns eutrophes vertiques, l'épaisseur du matériau argileux brun eutrophe est limitée, mais il repose sur des apports gravelleux ou gravillonnaires qui contribuent à augmenter l'épaisseur totale du sol, dans la série de GUENON, c'est le schiste altéré qui apporte cette

contribution. On peut considérer que cette épaisseur du matériau argilieux est suffisante dans l'ensemble (rarement inférieur à 50 cm)^{et} que par conséquent les matériaux gravelleux ou gravillonnaires de profondeur ne constitueront pas une limitation de la fertilité dans les sols bruns eutrophes vertiques typiques.

i. Le drainage et l'érosion.

Certaines séries comme celle de colmatage des talwegs sont situées en position de très mauvais drainage externe mais leur hydromorphie ne semble très intense et ils devraient encore convenir au sorgho, par contre le coton y viendra très mal.

Les séries de GUENON au contraire sont à certains endroits en position accidentée (pente de colline), les paysans y font pour la conservation du sol des gradins ce qui est une excellente pratique justifiée pour le grand potentiel de fertilité de ces sols.

Mais la plupart des séries sont situées en position plane, avec un drainage externe médiocre qui ne les soustrait pas à l'érosion hydrique induite ici par leur faible perméabilité d'ensemble. Ils sont cependant moins sujets à l'érosion que les vertisols. Dans tous les cas, le drainage interne paraît assez médiocre et ceci à cause de la nature des minéraux argileux.

2. Fertilité d'ensemble et utilisation.

La bonne richesse en bases, le pH faiblement acide confèrent à ces sols une bonne fertilité chimique qui est malheureusement limitée par une déficience phosphatée et parfois potassique et aussi par une fertilité azotée seulement moyenne qui ne se maintiendra que par des apports de matières organiques.

On peut donc obtenir de ces sols une fertilité d'ensemble élevée par des fumures N-P ou N-P-K et par un travail du sol correct dont on aura intérêt à maintenir la stabilité par des apports de matière organique.

La fertilité actuelle de ces sols est donnée par l'abaque de fertilité de DABIN (graphique N° 16), elle est dans l'ensemble moyenne.

Ces sols conviennent au sorgho, au coton (avec travail du sol), au maïs (travail du sol et fumure potassique si nécessaire). Ils sont un peu lourds pour l'arachide.

Ils méritent une exploitation intensive et rationnelle. Comme les vertisols ils revaloriseront parfaitement les investissements qu'ils nécessitent.

3. Répartition et cartographie.

La famille sur granite ou gneiss n'a pas d'extension. Il s'agira donc essentiellement de la famille dérivée de schistes. De petites superficies associées à des cuirasses ou à des alluvions ont été cartographiées dans l'extrême Nord de la zone cartographiée sur la VOLTA BLANCHE, mais ces sols se développent surtout sur les deux rives de la VOLTA BLANCHE, dans les régions à l'Est de BISSIRI et GAONGO et au Sud de WEOGOTENGA (actuellement NABIL LOUGRI), et sur la rive droite de la VOLTA ROUGE dans la région de GUENON. Ils sont associés à des vertisols, à des sols peu évolués sur graviers schisteux et à des sols lithiques sur cailloux de quartzites affleurant par buttes.

E.- LES SOLS HALOMORPHES

Sols à structure modifiée.

Sols non lessivés à alcalis à faible teneur en sels solubles.

GENERALITES.

Les sols Halomorphes désignent des sols dont les caractères essentiels d'évolution sont :

- 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), y provoquant la formation d'une structure massive diffuse (G.AUBERT 1963).

Il s'agit pour nos sols du deuxième phénomène exclusivement.

Les profils présentent souvent l'aspect de sols lessivés à alcalis : horizons superficiels sableux devenant communément gris blanchâtre au contact avec les horizons argileux ou argilosableux halomorphes. Mais nous sommes dans un contexte général d'apports superficiels sableux récents auquel n'échappent pas nos sols halomorphes (témoin la discontinuité dans la granulométrie des sables), et la discontinuité des caractéristiques physiques particulièrement du comportement vis à vis de l'eau suffit à expliquer l'aspect morphologique des profils.

E.1. Famille sur argile finement sableuse

E.1.1. Morphologie.

Ces sols sont développés sur un matériau argileux à argilo-sableux mais à sables fins si bien que la texture apparaît argileuse à l'appréciation sur le terrain. Ce matériau est le plus souvent recouvert par des apports sableux récents plus ou moins épais. Il est à dominance montmorillonitique comme dans les vertisols. Le profil comporte :

- un horizon superficiel sableux de 10 cm environ, brun gris clair, faiblement humifère, à structure non développée ou prismatique, paraissant posé sur l'argile de profondeur.

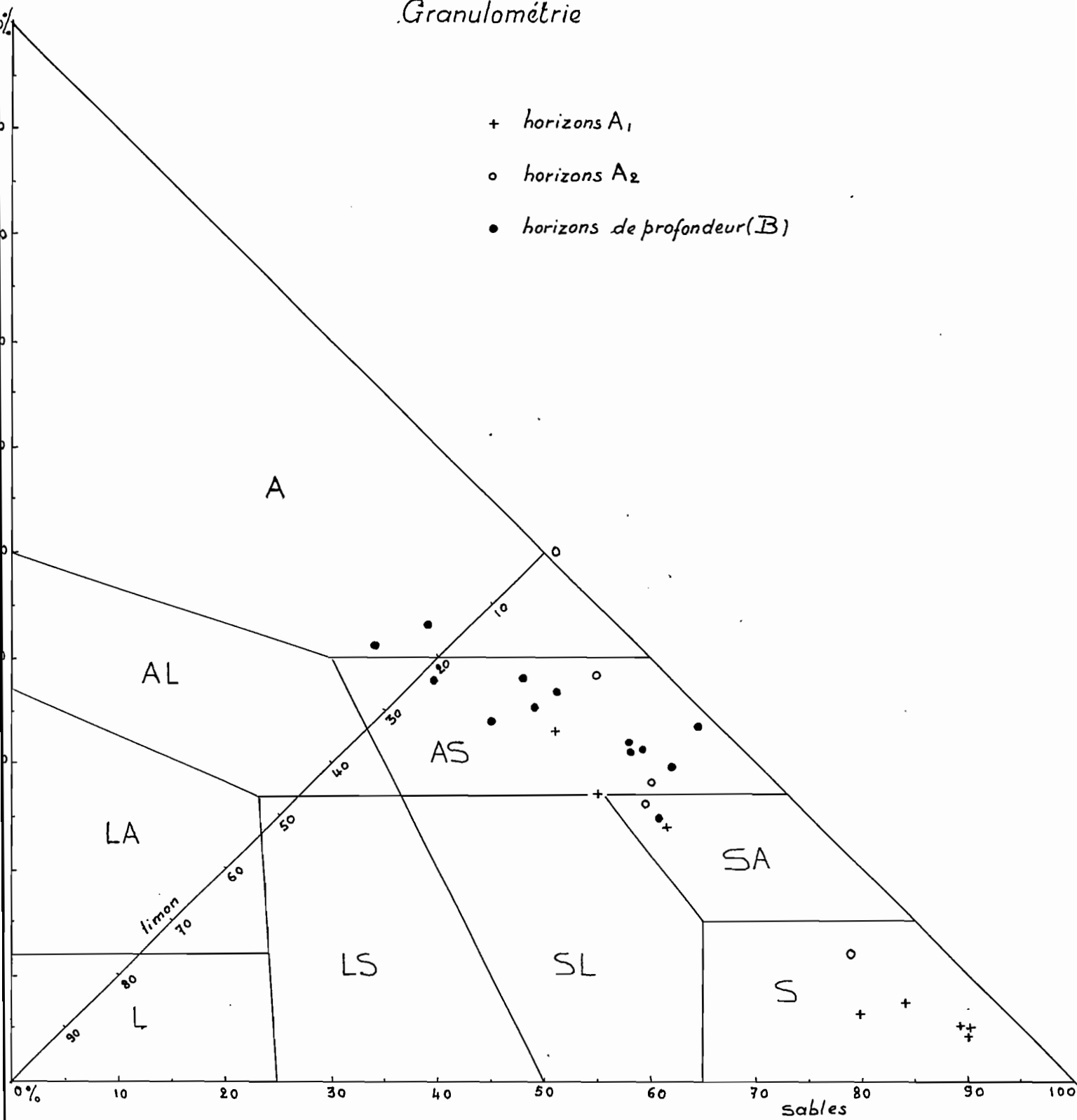
- un horizon de 20 cm environ brun humifère argileux, à structure prismatique moyenne à nette tendance collonnaire) avec possibilité d'une sous structure prismatique plus petite ou polyédrique.

- un horizon d'épaisseur variable (60 cm environ), brun olive à brun olive pâle, ne paraissant pas humifère, argileux, durci, compact à structure mal définie ou (et) mal développée se débitant au piochon par éclats qui peuvent se résoudre en polyédres plus ou moins riche en nodules ou (et) amas calcaires.

- un horizon constitué de granites ou de gneiss en voie d'altération.

18. Sols halomorphes sur argile finement sableuse

Granulométrie



Les variations autour de ce profil sont :

- diminution de l'épaisseur des apports sableux qui peuvent même disparaître, la structure est alors prismatique large bien développée en surface avec de grandes fentes de dessiccation verticales.
- affinement de la structure dans le haut du 3° horizon : structure polyédrique moyenne moyennement développée avec alors une structure massive dans le 2° horizon.
- apparition d'une tendance verticale dans le 3° horizon : structure prismatique aplatie moyennement développée avec faces de décollement à tendance patinée, où seulement possibilité de dégager quelques faces patinées.
- épaissement des apports sableux (25 cm environ) avec alors au contact avec l'horizon argileux halomorphe, une couche gris blanchâtre

E.1.2. Etude de la fertilité.

1. Les éléments de la fertilité.

a. La texture.

Le graphique N° 18 donne la granulométrie des profils prélevés.

Les séries à recouvrements dominant avec des granulométries sableuses parfois sablo-argileuses en surface. Les matériaux de profondeur ont une granulométrie argilosableux à argileux.

L'argile est à dominance montmorillonitique, mais ici le pouvoir de gonflement de la montmorillonite ne se manifeste pas.

La conséquence immédiate de cette distribution texturale est une **discontinuité physique** et chimique entre les horizons superficiels sableux et le matériau argileux de profondeur.

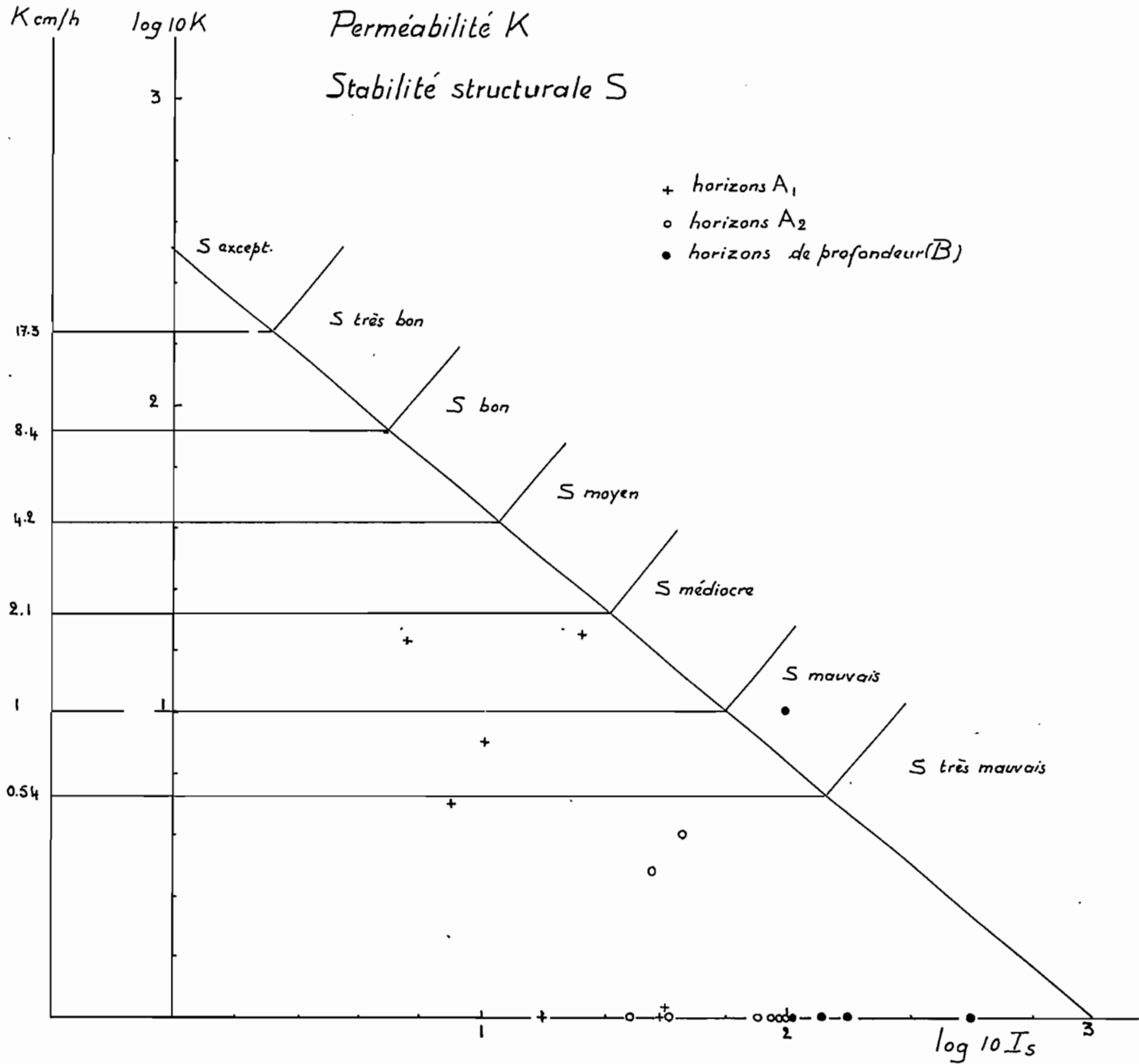
La discontinuité physique se manifeste parfois par une légère ^{ligne} /ou une couche de dessiccation à la base des apports sableux, montrant bien qu'en période de sécheresse ces derniers sont coupés au point de vue **alimentation** en eau du matériau argileux. Mais les apports sableux sont souvent peu épais (0 à 10 ou 15 cm) et il faut s'efforcer d'atteindre l'horizon argileux par le travail du sol.

19. Sols halomorphes sur argile finement sableuse

Indice d'instabilité structurale I_s

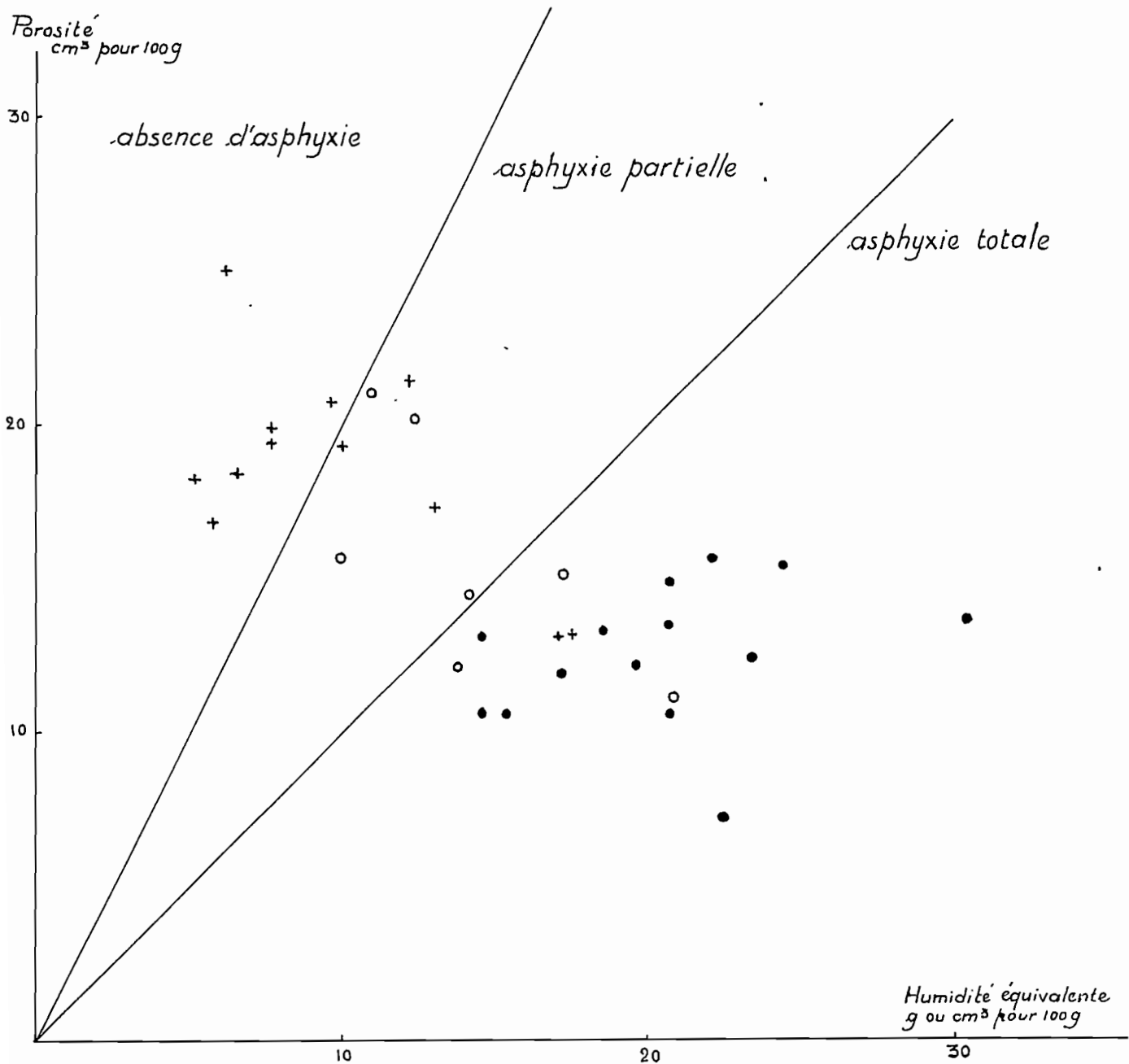
Perméabilité K

Stabilité structurale S



20. Sols halomorphes

- + horizons A₁
- o horizons A₂
- horizons de profondeur (B)



b. Structure et cohésion, porosité.

Les apports sableux ont typiquement une structure mauvaise non développée avec une porosité souvent du type mie de pain indiquant une forte asphyxie.

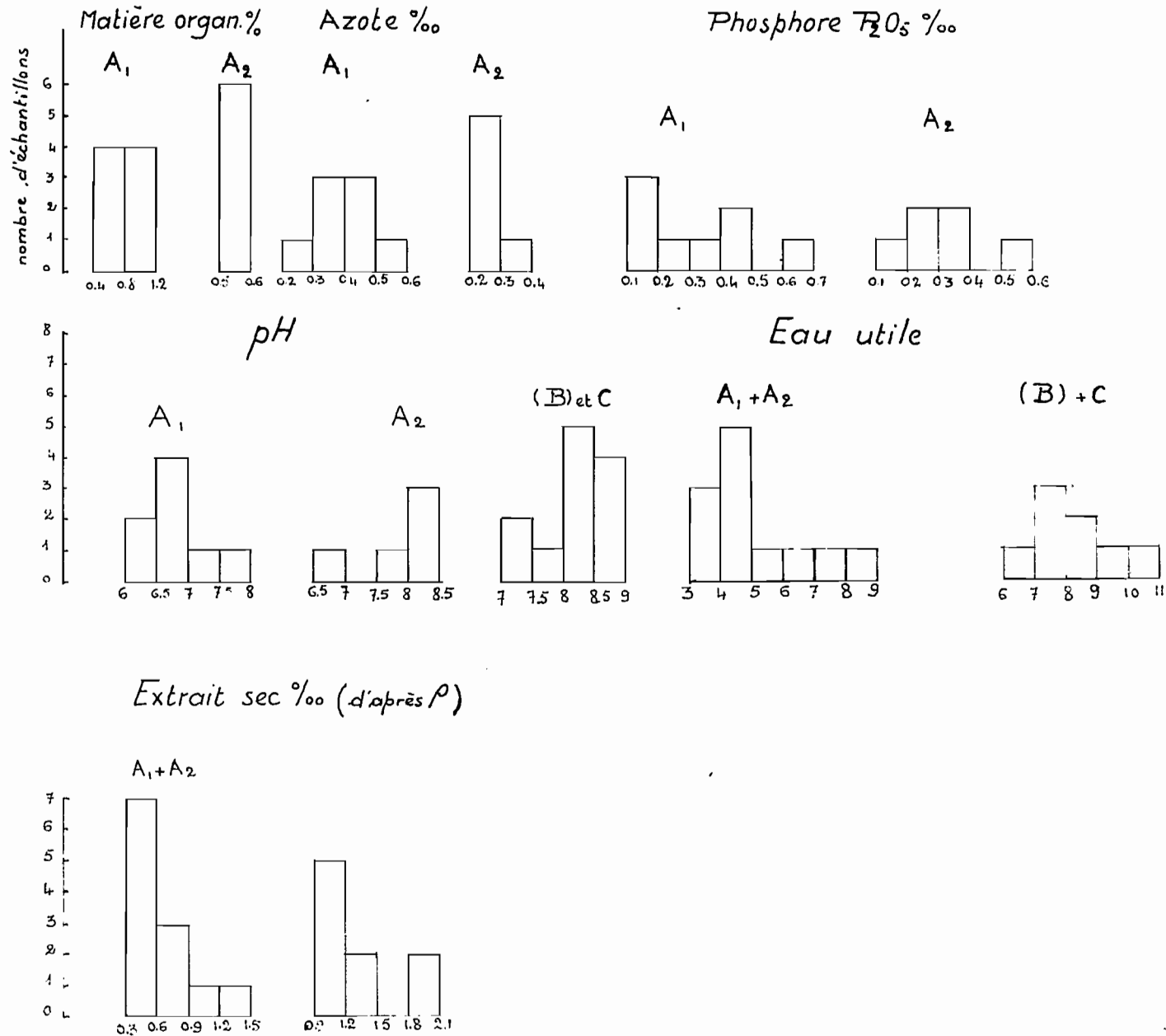
Lorsque les apports superficiels sont plus épais et sabloargileux, la structure est peu développée à tendance prismatique large. Le matériau argileux sous jacent a souvent dans le haut une structure soit polyédrique moyenne à grossière qui serait alors bien favorable à la pénétration des racines, soit prismatique moyenne à tendance collumnaire, soit peu développée à tendance prismatique avec alors une cohésion d'ensemble très forte. De toute façon, ces structures même du type polyédrique moyen bien développée ont une stabilité toujours mauvaise à très mauvaise avec des coefficients de percolation très faibles ou nulles, ils seront donc toujours très défavorables à la pénétration des racines qui subiront dans ces horizons des phénomènes d'asphyxie.

En profondeur le matériau argileux a une structure fondamentalement mal développée, parfois même mal définie, de type polyédrique, la cohésion d'ensemble est forte, le matériau est durci, parfois cependant la structure polyédrique peut s'affirmer mieux, ou on peut voir apparaître une structure du type verticale, prismatique aplatie; la structure est donc fondamentalement mauvaise et sa stabilité est très mauvaise, le test de percolation donne des valeurs nulles qui témoignent de la dispersion accusée des argiles sous l'influence du Na qui dépasse dans le complexe absorbant les quantités critiques pour la structure (graphique N° 19).

La macroporosité du matériau argileux halomorphe est comme dans le cas des vertisols, nulle : les points figuratifs sont entièrement situés dans la zone à asphyxie totale (graphique N° 20). La macroporosité des horizons superficiels est bonne à faible, mais ces derniers restent le plus souvent asphyxiants parce que maintenus à des humidités largement supérieures à l'humidité équivalente.

On peut donc conclure que la structure constitue dans ces sols, le facteur limitant de la fertilité et cela malgré la présence constante de calcaire sous forme d'amas ou (et) de nodules.

21. Sols halomorphes sur argile finement sableuse



Leur amélioration est impossible en culture traditionnelle, elle ne peut se faire que par des labours profonds avec apports de sels de calcium solubles aux pH élevés de ces sols : sulfate de calcium.

Le carbonate de calcium qu'ils contiennent ^{est} inefficace à leurs pH élevés par sa faible solubilité (11).

c. L'eau utile.

Ces caractéristiques ^{sont} identiques à celles des vertisols, c'est plus l'excès d'eau que le manque d'eau qui constituera ici un facteur limitant de la fertilité en période humide.

Les quantités d'eau utile sont données par le graphique N° 21

d. La matière organique et l'azote. (graphique N° 21)

En surface les teneurs en matière organique se partagent ^{entre} les classes de fertilité faible (0,4 à 0,8%) et de fertilité moyenne (0,8 à 1,2%). Ces teneurs s'abaissent beaucoup en A₂ (horizons intermédiaires) où elles sont comprises entre 0,5 et 0,6%. Cette matière organique est assez bien évoluée dans l'ensemble (C/N inférieur ou égal à 14).

Les teneurs en azote des horizons superficiels sont très faibles à faibles 0,2 à 0,5‰, en A₁ et 0,2 à 0,3‰ en A₂.

L'azote sera donc un facteur limitant de la fertilité.

e. Phosphore.

La pauvreté en azote est suivie d'une pauvreté en phosphore. Les teneurs en P₂ O₅ sont très faibles : 0,1 à 0,5 ‰ en A₁ et 0,1 à 0,4‰ en A₂.

f. Richesse minérale.

Les horizons sableux, d'après les résultats que nous avons, semblent montrer une richesse en bases moyenne, quant au matériau argileux, sa richesse

minérale est identique à celle des vertisols, somme des bases échangeables, capacité d'échange et taux de saturation très élevés, mais la différence essentielle consiste ici en une alcalinité beaucoup plus forte que dans l'ensemble des vertisols, corrélative d'une accumulation constante de calcaire sous forme d'amas ou (et) de nodules calcaires et de fortes proportions de sodium par rapport à la capacité d'échange (I4 à 28%). Mais les teneurs en sels solubles sont faibles (Voir extrait sec sur le graphique N° 21)

Ces fortes proportions de sodium expliquent la mauvaise structure de ces sols et leur classification dans la classe des sols halomorphes. Les pH sont donc alcalins : 7,4 à 8,3 sur pâte de sol, tandis que sur solutions de sol ils sont compris entre 8,5 et 8,8.

g. La profondeur.

Elle est suffisante dans ces sols.

2. Conclusion.

Malgré une richesse minérale très élevée, ces sols ont une fertilité très médiocre due à leurs mauvaises caractéristiques physiques et aussi à leur pauvreté en azote et en phosphore. (graphique N° 22)

E.1.3. Répartition et cartographie.

Ces sols ont été cartographiés essentiellement sur la VOLTA BLANCHE dans les régions de :

- NIARBA où ils sont associés à de très nombreux affleurements de granite, et à des vertisols (non cartographiés).
- BOUEMA et au Nord de NOROUAIN où ils sont associés à des affleurements de granites ou de gneiss et à des vertisols.
- TANLOUKA où ils sont associés à des vertisols.

Ce sont essentiellement les séries à recouvrements qui dominent.

E.2. Famille sur matériau argilosableux.

E.2.1. Morphologie.

Ici les sols sont développés sur matériau argilo-sableux, parfois même sabloargileux à dominance de sables grossiers, où, la montmorillonite semble encore assez bien représentée. L'hydromorphie est généralement plus prononcée que dans la famille précédente et se traduit par une ségrégation ferrugineuse intense, une couleur de type plus hydromorphe, gris clair à gris blanchâtre à taches ferrugineuses ocre à rouille, mais pouvant rester encore parfois dans les tons olive pâle.

Le matériau argilosableux halomorphe est constamment recouvert ici par des apports sableux ou même sablo-argileux et argilosableux; plus épais que précédemment. Le caractère fondamental est la structure peu développée avec une cohésion d'ensemble très forte et parfois exceptionnelle. Le profil typique comporte :

- un horizon superficiel de 15 cm environ, gris beige à taches brun rouille nombreuses; faiblement humifère, sableux, à structure à tendance prismatique

- un horizon A₂ de 15 cm environ gris blanchâtre à taches rouille, peu humifère, sableux, à structure prismatique peu développée et reposant sur l'horizon suivant par une mince couche plus sableuse à structure particulière et poudreuse.

- un horizon d'épaisseur variable (1 m environ) argilosableux à taches gris clair et ocre, à structure peu développée à tendance prismatique sauf dans le haut où elle est prismatique moyenne à petite à nette tendance collonnaire assez bien développée, à cohésion d'ensemble très forte et présentant quelques amas calcaires gris cendre.

Ce profil marque un net lessivage seulement dans la mince couche poudreuse qui précède l'horizon argilosableux, mais cette couche, peut être au contraire dans d'autres profils à structure polyédrique moyenne à petite bien développée, sans variation de couleur ni de texture (cas des apports superficiels, argilosableux).

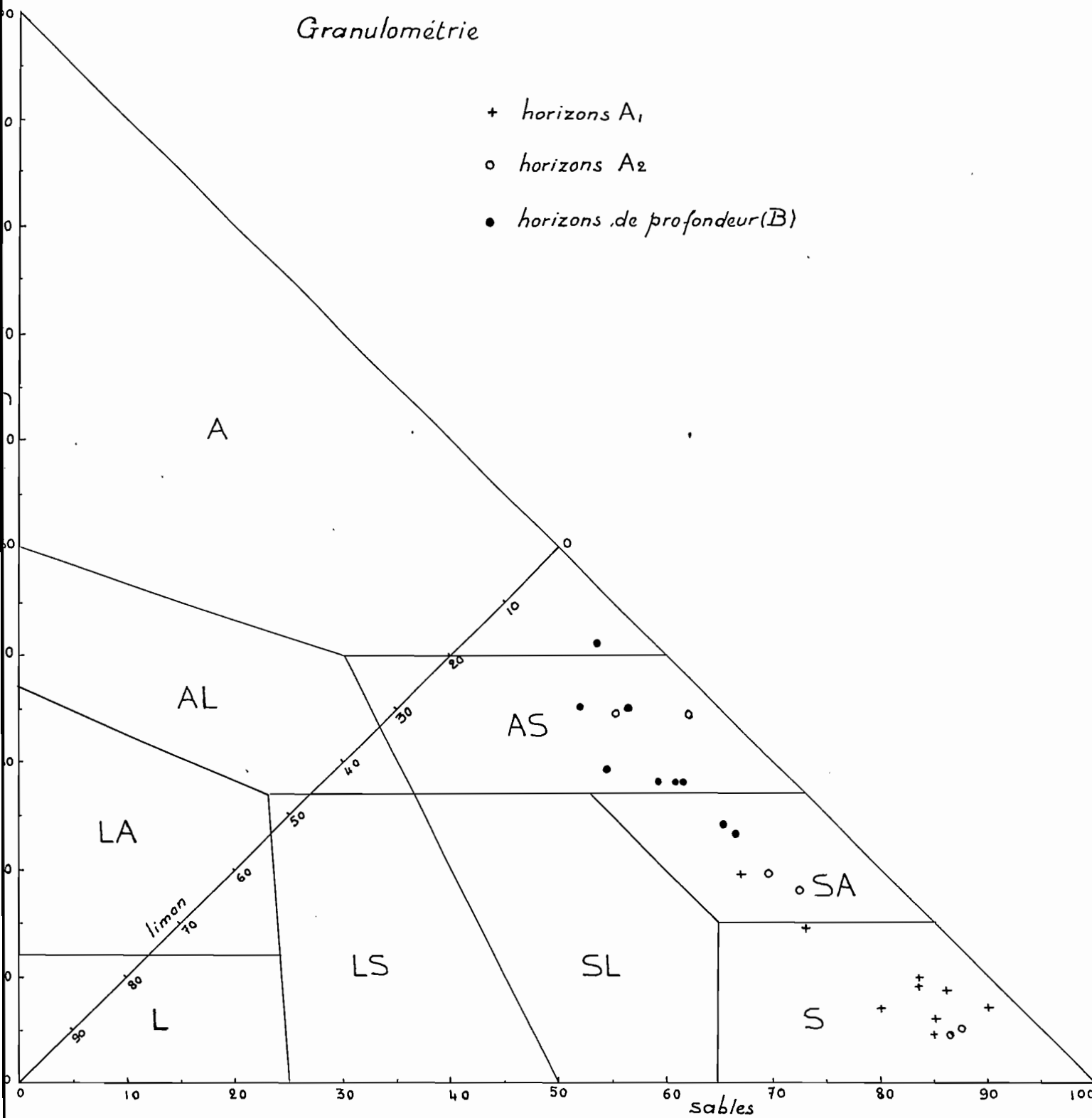
Les principales autres variations autour de ce type sont :

- variation de texture dans les apports superficiels qui peuvent devenir sabloargileux dans le 1^{er} horizon et argilosableux dans le 2^e horizon.

23. Sols halomorphes sur matériau argilo-sableux

Granulométrie

- + horizons A₁
- o horizons A₂
- horizons de profondeur (B)



- apparition d'une tendance verticale dans le matériau argilosableux halomorphe avec quelques faces de décollement obliques patinées.
- apparition de concrétions ferromanganifères brun noir dans le matériau argilosableux halomorphe.
- réduction de l'épaisseur du profil qui peut devenir du type peu développé (40 cm d'épaisseur environ).
- présence de nodules calcaires en profondeur.

E.2.2. Etude de la fertilité.

1. Les éléments de la fertilité.

a. Texture. (graphique N° 23)

Ces sols comportent constamment en surface des recouvrements plus ou moins épais sableux à sabloargileux et même parfois argilosableux. La discontinuité entre les apports et le matériau halomorphe conditionne la dynamique de l'eau et par conséquent la fertilité.

b. Structure, cohésion, dynamique de l'eau.

En surface, la structure est fondamentalement médiocre à mauvaise à cause du mauvais drainage parfois intense qui affecte les apports superficiels et qui est induit par le blocage des eaux percolées au-dessus du matériau argilosableux halomorphe, renforcé. le plus souvent par une position topographique plane. Elle est peu développée à tendance prismatique avec des cohésions assez fortes à fortes

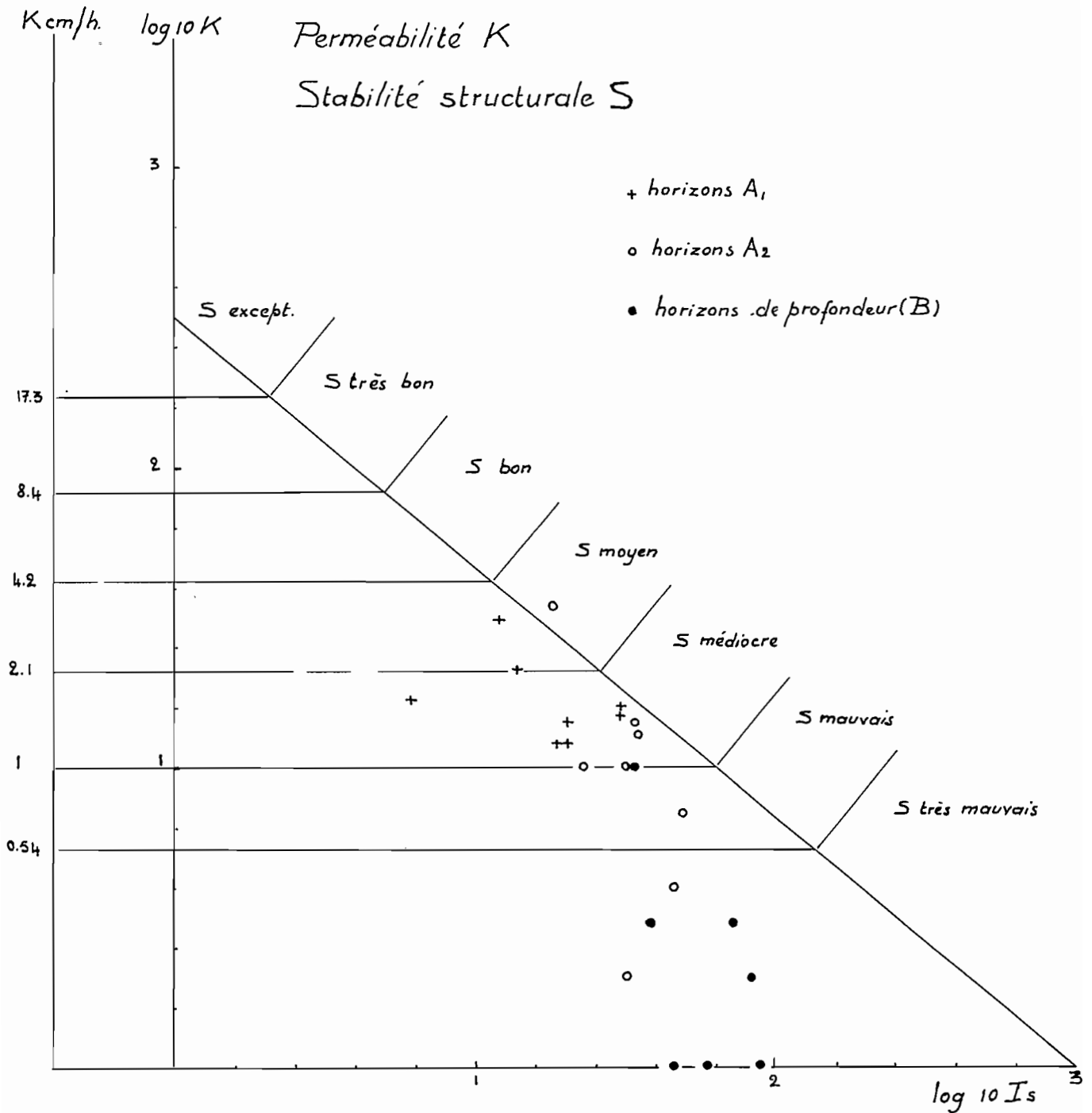
En profondeur, le matériau argilosableux halomorphe a une structure typiquement massive (avec parfois cependant une tendance polyédrique dans les types les plus vertiques) avec une cohésion forte à très forte, parfois exceptionnelle et souvent dans le haut une structure prismatique à nette tendance collumnaire bien développée. La structure est donc fondamentalement très mauvaise. Les caractéristiques analytiques de sa stabilité sont celles d'une terre sodique : stabilité structurale très mauvaise, perméabilité très faible à

24. Sols halomorphes sur matériau argilo-sableux

Indice d'instabilité structurale I_s

Perméabilité K

Stabilité structurale S



à nulle (graphique N° 24)

Ces caractéristiques structurales se traduisent par une discontinuité constante entre les apports superficiels même argilosableux et le matériau argilosableux halomorphe, sous la forme de lignes ou de couche de dessiccation très bien marquées et montrant bien qu'en période de sécheresse, les apports superficiels sont coupés du matériau de profondeur pour l'alimentation en eau et que par ailleurs l'infiltration des eaux subira un brusque ralentissement (si ce n'est pas une quasi annulation) au contact avec le matériau de profondeur.

Ce sont là de très mauvaises caractéristiques physiques qui, jointes au mauvais drainage des horizons superficiels rendent très difficile l'utilisation de ces sols.

c. Matière organique et azote, richesse chimique

En surface.

Le mauvais drainage des apports superficiels ne se traduit pas pour une accumulation de matière organique. Les teneurs en matière organique sont faibles à moyennes. Les teneurs en azote et en phosphore restent faibles.. (graphique N° 25)

La somme des bases échangeables est moyenne et représente avec le pH (faiblement acide) des éléments de fertilité correcte .

En profondeur.

Le matériau argilosableux halomorphe a un chimisme assez identique à celui de la famille précédente : on y retrouve souvent l'accumulation calcaire sous forme d'amas ou (et) de nodules/^{et} le pH alcalin (8,1 à 8,2). La somme des bases est encore bonne à très bonne, mais inférieure à celle de la famille précédente. Le sodium représente 11 à 16% de la capacité d'échange et exceptionnellement 9 à 10%. Il faut signaler cependant que le pH peut descendre ici à 7 et même à 6,5

L'halomorphie est plus faible que précédemment.

2. Conclusion.

Malgré une richesse minérale moyenne en surface et bonne à très bonne en profondeur, les mauvaises caractéristiques physiques de ces sols jointes à un engorgement parfois assez prononcé, les rendent peu aptes à la culture.

Dans leur état actuel on peut y essayer le sorgho lorsque l'engorgement n'est pas très prononcé en surface. L'arachide n'y viendra que lorsque les apports superficiels sableux seront assez bien drainés en surface. Les réserves en eau et la pluviométrie ne sont pas suffisantes pour envisager le riz. En aucun cas il ne faudra penser au coton ou à des plantes exigeantes au point de vue état structural du sol.

E.2.3. Répartition et cartographie.

Les principales zones ou cossols toujours associés à des affleurements de granite ont été cartographiés sont

a. Sur la VOLTA BLANCHE

- la région au Sud de WAYEN
- l'extrême Sud de la zone cartographiée.

b. Sur la VOLTA ROUGE.

- l'extrême Sud de la zone cartographiée sur la rive gauche.
- la région située entre KAMPALA et la VOLTA ROUGE et traversée par la piste de KAMPALA à ZABRÈ.

On retrouve quelques autres petites zones dans les deux bassins versants.

F. LES SOLS HYDROMORPHES.

GENERALITES.

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 peut engendrer ou non une très forte accumulation de matière organique, ce phénomène sert à caractériser les sous-classes. Il s'agit ici de la sous-classe des sols hydromorphes minéraux c'est-à-dire à faible teneur en matière organique. L'hydromorphie, s'y traduit généralement par

- une ségrégation et parfois une accumulation du fer et du manganèse sous forme de taches, trainées, concrétions ou cuirasses; les taches étant du type oxydé ou du type réduit selon le potentiel d'oxydo-réduction du milieu.
- une accumulation de calcaire dans certains cas sous forme de nodules, de concrétions ou d'amas calcaires d'aspect varié.

A l'intérieur des groupes déterminés d'après la nature de l'hydromorphie (de surface ou d'ensemble, de profondeur par engorgement temporaire, de profondeur par hydromorphie permanente de nappe à niveau variable), les sous-groupes sont différenciés d'après ces phénomènes de ségrégation et d'accumulation.

Il s'agit essentiellement ici de la ségrégation ferrugineuse sous forme de taches ou (et) de concrétions. Dans le diagnostic des sols hydromorphes, on identifie l'hydromorphie à ses effets qui peuvent cependant être déterminés dans une certaine mesure par la nature du matériau originel (cas des arènes granitiques) ou qui peuvent être dus à phénomènes d'hydromorphie d'origine ancienne. Tous ces processus jouent dans les bassins versants des VOLTAS BLANCHE et ROUGE et bien souvent la classification ne traduit pas l'intensité et la nature actuelle du phénomène d'hydromorphie.

F.1. Sols à Hydromorphie de surface ou d'ensemble.

Nous avons classé ici dans ce groupe des sols qui présentent une hydromorphie soit de surface ou presque de surface (manifestations de l'hydromorphie vers 20 à 40 cm) soit d'ensemble ou quasi d'ensemble (manifestations de l'hydromorphie à partir de 20 à 40 cm environ).

F.1.1. Pseudogley de surface ou d'ensemble à taches.

Ces sols sont développés sur les alluvions récentes limonosableuses à sablolimoneuses ou argileuses des VOLPAS et de leurs grands affluents. Les alluvions argileuses occupent les zones d'inondation actuelle, tandis que les alluvions limonosableuses à sablolimoneuses forment des plaines alluviales dans lesquelles les rivières s'encaissent actuellement; elles sont évoluées soit en sols à hydromorphie d'ensemble, soit en sols à hydromorphie de profondeur.

a. Les sols sur alluvions argileuses.

Les phénomènes d'hydromorphie temporaire sur ces alluvions argileuses tendent le plus souvent vers le développement de structure moyenne à petite du type polyédrique ou prismatique en surface ou sur l'ensemble du profil. La différenciation de ces sols est donc basée sur le développement de la structure et nous distinguons :

a.1. Sols à structure polyédrique moyenne à petite en surface.

Le profil typique comprend :

- un horizon superficiel de 20 à 25 cm environ, gris clair ou beige à nombreuses taches ocre, paraissant faiblement humifère, à texture argileuse, à structure polyédrique moyenne à petite bien développée devenant à tendance grumeleuse dans les zones à forte concentration radiculaire.

- un horizon de 20 cm environ à taches grises, ocre ou brunes, argileux, à structure polyédrique grossière à très grossière avec cependant une sous structure polyédrique moyenne à petite.

- un horizon profond à taches grises, ocre brunâtre, argileux avec une structure assez identique à celle de l'horizon précédent mais s'élargissant en profondeur et prenant une nette tendance prismatique.

L'ensemble du profil dépasse Im.50.

a.2. Sols à structure polyédrique moyenne à grossière avec une tendance prismatique.

Le profil est ici gris clair à nombreuses taches ocre en surface, gris blanchâtre à nombreuses ocre à rouille et à taches noires en profondeur. La texture est argileuse à argilolimoneuse sur l'ensemble du profil. La structure polyédrique grossière à moyenne à tendance prismatique assez bien à bien développée avec une surstructure prismatique grossière à large, se conserve sur l'ensemble du profil avec de petites variations seulement.

a.3. Sols à structure grossière à large en surface.

Ici l'horizon superficiel (20 cm environ) gris brunâtre à tendance bleuté argilolimoneux a une structure prismatique large ou une structure peu développée avec une cohésion d'ensemble forte. Le profil est ensuite gris clair à nombreuses taches brun rouille, rouille parfois noires au centre et parfois en voie d'induration, la texture est argilolimoneuse, la structure est peu développée avec une cohésion d'ensemble forte. Il peut cependant exister un horizon à structure polyédrique grossière assez bien développée sous l'horizon superficiel.

Fertilité de ces sols.

La fertilité chimique de ces sols est moyenne à bonne dans l'ensemble.

- les teneurs en matière organique sont bonnes en surface : supérieures ou égales à 1,5%, le rapport C/N est généralement bon de l'ordre de II à I2 indiquant une matière organique bien évoluée, il ne s'élève que lorsqu'il y a une certaine accumulation de matière organique (de l'ordre de 3 à 4%).

- les teneurs en azote sont bonnes en surface : supérieures ou égales à 0,8%.

- les teneurs en phosphore sont moyennes en surface : 0,45 à 0,8‰.
- la somme des bases échangeables est bonne à très bonne sur l'ensemble du profil, de l'ordre de 10 à 20 méq pour 100g de terre.
- le pH est cependant le plus souvent acide, de l'ordre de 5,0.

Au point de vue physique, la structure souvent de type polyédrique moyen à petit ou grossier bien développée en surface, constitue un facteur éminemment favorable au facile travail de ces sols en fin de saison sèche, qui permet au paysan d'avoir terminé leur préparation avant le début de la saison des pluies.

Ils conviennent parfaitement bien à la riziculture, mais il faudra surveiller la nutrition azotée dans ces sols argileux à pH acide.

b. Les sols sur alluvions limonosableuses à sablolimoneuses.

Il ne s'agit pas ici d'une hydromorphie d'inondation, mais d'un engorgement beaucoup moins prononcé que dans la famille précédente. La ségrégation ferrugineuse et manganifère est assez diffuse.

Exemple de profil (VN 26 sur la piste de NIAGO à GARANGO, 600 m après la VOLTA).

- | | |
|----------|---|
| 0-33 cm | horizon brunâtre avec des taches imprécises brun rouille, nombreuses parfois à tendance ocre et quelques fines taches noirâtres, paraît peu humifère; texture limoneuse, structure peu développée à tendance prismatique, cohésion forte. |
| 33-95 cm | horizon constitué de taches brun noirâtre nombreuses imprécises et de petites plages beige clair sur un fond jaune brun, ou de taches ocre brunâtre et beige clair, structure prismatique assez peu développée, cohésion forte. |
| 95-140cm | sables fins fluviatiles à fines paillettes de mica, beige avec des plaques plus claires ou plus ocre et quelques taches brun noirâtre, cohésion faible. |

Fertilité des sols à pseudogley de surface ou d'ensemble ou à pseudogley de profondeur à taches sur alluvions limonosableuses à sablo-limoneuses.

Ces sols ont une fertilité moyenne à bonne :

- la somme des bases échangeables est moyenne à bonne sur l'ensemble du profil (4 à 12 méq pour 100 g de terre) et reste bonne en surface (supérieure à 6 méq pour 100 g de terre).
- les sols sont bien pourvus en minéraux de réserves
- le pH se maintient souvent et le long du profil à de bonnes valeurs (6,2 à 6,7), il peut cependant marquer un abaissement en profondeur dans certains profils
- les teneurs en matière organique sont généralement bonnes (de l'ordre de 1,3%).
- les teneurs en phosphore et en potassium sont variables et vont de bonnes à faibles.

Ils sont utilisés dans la région de NIAOGO et avec un très grand succès dans la culture de l'oignon qui demanderait donc à y être développée.

Nombre d'entre eux conviennent bien aux spéculations fruitières : agrumes et bananiers, mais il faut alors choisir des endroits où la rivière garde l'eau toute l'année.

Ils ont cependant peu d'extension en largeur et ne peuvent être utilisés que dans le cadre d'exploitation familiale.

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 d'épaisseur variable (15 à 60 cm) de nature variable sablo-limoneux à sablo-argileux ou limono-argileux, pouvant être polyphasés et alors argilo-sableux en profondeur. Ces sols sont parfois

développés sur des apports argileux de bas de pente plus ou moins alluviaux et passent fréquemment aux vertisols hydromorphes à effondrements; le profil comporte alors en profondeur quelques faces de décollement obliques et à tendance patinée avec parfois des amas calcaires; les apports superficiels sont limonoargileux et peu épais (15 cm environ).

Le matériau argileux est gris clair à taches ocre nombreuses plus ou moins bien délimitées avec parfois de nombreux canalicules gris foncé, il peut être constitué dans le haut de taches brun rouille ou brun jaune et gris blanchâtre et devenir dans le bas brun jaune à fines taches ocre et à taches grisâtres avec des amas calcaires.

En surface sur I5 à 25 cm les apports superficiels sont brun gris à gris foncé, humifère, à structure peu développée à tendance prismatique large, et à cohésion forte. Lorsqu'ils sont plus épais ils peuvent rester brun gris ou être constitués de taches gris clair et brun rouille.

Les deux profils prélevés montrent des sols :

- à bonnes teneurs en matière organique en surface (1,8 et 2,3%) avec C/N très élevé dans l'un des profils (21)
- à teneurs en azote moyennes en surface : 0,6 et 0,7%
- à sommes des bases bonnes : 7 à 14 méq pour 100 g de terre avec très nette prédominance du calcium
- à pH faiblement acide (5,7 à 6,3) pouvant devenir neutre en profondeur 7,2.
- à stabilité structurale médiocre à très mauvaise en profondeur, moyenne à médiocre en surface.

L'hydromorphie étant moins prononcée en surface, on peut y essayer le sorgho. Ils conviendraient parfaitement bien au riz s'ils étaient suffisamment inondés.

Ces sols ont été cartographiés dans la partie du Bassin versant de la VOLTA ROUGE située entre la route de NOBÈRÈ à la VOLTA ROUGE (Route de PÔ) et la piste de BASBEDO à YÔ, sur la rive gauche. Ils sont en juxtaposition avec des vertisols lithomorphes, des lithosols sur granites et cuirasse et aussi des vertisols hydromorphes (non cartographiés).

F.1.2. Pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions (et taches)

1. Famille sur arène granitique argilosableuse.

Le matériau originel est une altération de granite généralement argilosableuse. L'hydromorphie, caractérisée par la ségrégation ferrugineuse, est d'origine ancienne ou (et) actuelle. Nous distinguerons plusieurs groupes de séries selon l'origine, l'intensité et la manifestation des phénomènes d'hydromorphie.

1.1. Morphologie des principales séries.

a. Séries à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace.

Le profil typique comprend :

- un horizon superficiel de 15 cm environ, gravillonnaire ou sableux à sablolimoneux, gris, humifère.

- un horizon unique de profondeur observé sur plus de 1 mètre, rouge à rouille à plages blanc-jaunâtre (constituées par des feldspaths) ou à grandes taches rouges s'anastomosant sur un fond ocre clair, parfois à taches noires mangani-fères dans le haut, le durcissement des taches rouges fait tendre l'horizon vers une sorte de carapace ferrugineuse, surtout dans le haut. Le haut de l'horizon sous l'influence de la pédogénèse actuelle est imprégné de matière organique et prend alors une couleur plus brunâtre. Parfois aussi il y a intercalation, entre les apports superficiels et cet horizon, d'une couche de 20 cm environ, constitué d'éléments ferruginisés rouille à rouge provenant du démantèlement de ce dernier, avec des pénétrations humifères grises entre les éléments ferrugineux.

Parfois cet horizon prend un aspect feuilleté par endroits et passe alors à une véritable carapace, par contre parfois, le durcissement diminue on passe à un sol à taches.

L'hydromorphie est d'origine ancienne dans ces sols, il s'agit d'altérations de granite autrefois sous jacentes à la cuirasse ancienne disparue, sous l'influence de laquelle probablement elles se sont imprégnées de fer, mais il faut tenir compte aussi du fer libéré in situ par l'altération du granite. Nous assimilons ici ces taches rouges durcies à un concrétionnement. Du reste certains de ces sols présentent dans le haut de l'horizon à taches rouges et noires, un niveau de concrétionnement. Par ailleurs, nous retrouvons ces sols dans le groupe des séries intensément concrétionnées en surface où un horizon d'intense concrétionnement d'origine ancienne ou actuelle, recouvre l'horizon à grandes taches rouges non durci alors.

b. Séries intensément concrétionnées en profondeur.

Ce sont des sols à intense hydromorphie actuelle. Le profil de référence hydromorphe sur son ensemble comprend (profil VG 49 sur la piste de DJENGRE à 0,7 Km du croisement avec la piste carrossable de BOUSSOUGOU à YAKALA :

- | | |
|------------|---|
| 0 - 12 cm | Horizon gris à aspect hydromorphe, à fines taches et concrétions rouille, paraissant faiblement humifère, sabloargileux, 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, cassables, 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 mica blanc et des plages feldspatiques jaunes.

Ce dernier horizon tend parfois à la carapace.

c. Série intensément concrétionné en surface ou presque en surface passant ensuite à un pseudogley à taches ou à taches et concrétions accompagné d'une structure moyennement à assez bien développée.

Ici le matériau d'altération de granite est intensément concrétionné dans le haut très probablement sous l'influence du cuirassement ancien; la ségrégation ferrugineuse et parfois manganière se fait ensuite sous forme de taches ou de taches et concrétions, elle est accompagnée d'une structure moyenne à petite de type généralement polyédrique, moyennement à assez bien développée. Le matériau est fréquemment recouvert par des apports superficiels de faible épaisseur (0 à 30 cm plus rarement 40 cm). Lorsque ces apports sont plus épais, nous passons aux sols à hydromorphie de profondeur.

L'hydromorphie intense peut être ancienne ou (et) actuelle. Profil type à hydromorphie ancienne : (profil VRVI à 2,6 km après le barrage de TAMMSÈ) :

- 0 - 17 cm Horizon gris, humifère, essentiellement constitué de concrétions ferrugineuses rouille à brun noirâtre ou brun foncé, probablement remaniées sur place, et de nombreux cailloux de quartz, terre fine sableuse.
- 17 - 30 cm Horizon beige gris à gris beige, essentiellement constitué d'une carapace rouge à taches noires ou de grosses concrétions rouges à centre noir, irrégulières, type de nappe, 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, texture argileuse riche en graviers de quartz anguleux, quelques taches noires manganières moins nombreuses que dans le haut; structure moyennement développée, polyédrique moyenne; contient de fines paillettes de mica.

Profil à hydromorphie actuelle et probablement ancienne (profil VT27 à 0,4 Km de TANGSOBINTENGA sur la piste du MASSILI).

- 0 - 15 cm Horizon gris à taches gris clair bleuté, à fines taches ocre mal délimitées et nombreuses, texture sabloargileuse à sableuse, structure à tendance prismatique large, cohésion forte.
- 15 - 40 cm Horizon beige, encore faiblement humifère dans le haut, texture sabloargileuse à sables grossiers, structure à tendance prismatique large, cohésion forte.
- 40 - 60 cm Horizon ocre lavé, constitué de très grosses concrétions rouille et parfois noires au centre, terre fine argilosa-bleuse; riche en cailloux de quartz.
- 60 - 120 cm Horizon beige devenant blanchâtre vers le bas à nombreuses grosses concrétions ferrugineuses diminuant en nombre vers le bas où on a surtout des taches rouille et blanchâtres, terre fine argileuse, structure polyédrique moyenne et grossière moyennement développée; présence de cailloux ou éclats de quartz anguleux (quartz du granite).

L'horizon de concrétionnement intense peut être beaucoup plus proche de la surface.

1.2. Etude de la fertilité.

- a. Série à hydromorphie ancienne et à taches durcies tendant vers la carapace.

a.1. Fertilité des horizons superficiels sableux.

La fertilité chimique de ces recouvrements sableux ne diffère pas de celle des horizons superficiels des sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilosableuse que ces sols accompagnent le plus souvent.

Leur fertilité chimique, sous la dépendance essentiellement du stock organique, sera la plupart du temps moyenne étant donné qu'ils sont souvent sous végétation naturelle.

Le pH, la somme des bases, les teneurs en azote et phosphore seront assez identiques.

Au point de physique la tendance au mauvais drainage se manifeste souvent en surface même dans le cas de recouvrements gravillonnaires.

L'alimentation en eau semble devoir être déficiente de part la discontinuité entre les apports sableux peu épais, facilement desséchés par l'évaporation, et les altérations sous jacentes généralement durcies, tendant vers la carapace.

En début de saison des pluies, les premières tornades, au lieu de s'infiltrer, ont tendance à mouiller juste les couches superficielles sableuses et à ruisseller, leur dessiccation est donc facile par la suite

a.2. Fertilité des horizons superficiels gravillonnaires.

La diminution de la terre fine amène un abaissement d'autant plus grand de la fertilité chimique que la proportion de gravillons est plus grande.

L'alimentation en eau est encore plus défavorable ici.

a.3. Fertilité des altérations sous jacentes.

a.3.1. Fertilité chimique.

La texture est souvent difficilement appréciable à cause du durcissement des taches ferrugineuses, les argiles sont essentiellement du type kaolinique et corrélativement les capacités d'échanges sont faibles à moyennes selon le taux d'argile.

Le pH peut se maintenir à des valeurs correctes (6,1) avec alors des taux de saturation assez élevés (70 à 80%) et une somme de bases échangeables moyenne (3 à 6 méq pour 100 g de terre). Mais dans certains cas le pH peut s'abaisser à des valeurs franchement acide (5,0) avec alors des taux de saturations très faibles (30% dans le VRB5) et une somme de bases échangeables très faible (1 méq pour 100 g dans le VRB5).

La fertilité chimique est donc très variable.

Les teneurs en phosphore sont très faibles, de l'ordre de 0,20%.

a.3.2 Fertilité physique.

Le durcissement des taches ferrugineuses fait le plus souvent de ces matériaux de véritables carapaces ferrugineuses massives, peu ou pas pénétrables aux racines des plantes cultivées, à perméabilité en place faible. En affleurement, ils durcissent encore plus et sont encore plus difficilement utilisables.

La fertilité de ces sols est donc limitée par les mauvaises caractéristiques physiques de ces matériaux.

Leur amélioration ne peut se faire qu'en culture mécanique avec un sous solage qui briserait ces carapaces et permettrait ainsi l'infiltration des eaux et la pénétration des racines. Il semble que ces travaux puissent avoir un effet durable à cause de la stabilité structurale moyenne à assez bonne et même bonne.

a.4. Conclusion.

Dans leur état actuel, ces sols conviennent mal pour la plupart à la culture. Les rendements du sorgho et de l'arachide y seront médiocres. Le coton devra être écarté.

Par ailleurs, ces sols sont susceptibles à l'érosion qui risque d'amener en affleurement les altérations de granite qui durciront.

Ils sont heureusement situés la plupart du temps sous savane arborée, il convient donc de les maintenir en forêt classée.

b. Série intensément concrétionnée en profondeur.

Dans cette série les phénomènes d'hydromorphie sont actuels et intenses.

La fertilité chimique est la même que dans les sols à pseudogley de profondeur sur arène granitique argilosableuse, mais le stock de matière organique est dans l'ensemble plus élevé en surface 1 à 2 % mais il est du type mal décomposé avec des C/N élevés de l'ordre de 17 à 19, si bien que le taux d'azote reste faible.

La déficience en phosphore reste identique.

Au point de vue fertilité physique, le caractère essentiel de ces sols est leur hydromorphie assez prononcée tant en surface qu'en profondeur et qui limite leur utilisation à des plantes pouvant supporter cette hydromorphie: nous pensons à des variétés de sorgho adaptées. Dans le cas où l'hydromorphie n'est pas trop prononcée en surface, ils pourront être utilisés pour le sorgho. Mais ils resteront toujours défavorables à l'arachide et très défavorables au coton.

Leur utilisation est donc très limitée cela est d'autant plus ennuyeux qu'ils s'imbriquent avec les autres sols de l'association.

c. Série intensément concrétionnée en surface passant ensuite à un pseudogley à taches et à structure moyenne à petite moyennement à assez bien développée.

Il semble que certains sols de cette série tel le VRV 1 soient à hydromorphie ancienne et soient parfaitement utilisables tandis que d'autres tels le VI 27 sont à hydromorphie actuelle assez intense et doivent être rattachés au point de vue utilisation à la série précédente.

d. Conclusion :

La plupart des sols de cette famille ont donc dans l'ensemble une fertilité médiocre à causes des problèmes d'utilisation qu'ils posent.

1.3. Répartition et cartographie.

Ces sols ont été cartographiés dans :

- le Bassin versant de la VOLTA ROUGE où leur juxtaposition avec les sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilosableuse et avec les lithosols sur cuirasse et granités occupe la majeure partie des zones cartographiées à l'Ouest de la ligne ZOUWA-KAMPALA; on peut y noter une dominance de la série à taches durcies particulièrement dans l'extrême Nord.

- le Bassin versant de la VOLTA BLANCHE où on retrouve la même juxtaposition de sols que précédemment dans les régions de SELLA; ZOUNGOU, YAKALA. Dans les régions de BETA, de LIMNOGHIN (sur les 2 rives), de TANGSOBINTENGA, de GAONGO, on retrouve cette famille de sols dans d'autres juxtapositions, avec une nette dominance de la série intensément concrétionnée en surface dans la région de LIMNOGHIN.

2. Famille sur arène granitique gravelleuse.

Le matériau originel gravelleux est issu de l'altération de granites pegmatitiques. Il est plus ou moins feldspathique ou quartzeux selon la nature de la roche-mère granitique. L'intensité des phénomènes d'hydromorphie est très variable, elle va de faible à très intense.

2.1. Série à concrétionnement essentiellement manganifère.

a. Morphologie.

L'hydromorphie actuelle ne semble pas très prononcée dans ces sols, la ségrégation ferrugineuse lorsqu'elle est intense semble devoir être d'origine ancienne, le concrétionnement est souvent de type essentiellement manganifère et parfois peu intense. Exemple de profil (VS 35 au km 4, I sur la piste

de SABOURI NATENGA à la VOLTA BLANCHE).

- 0 - 16 cm : horizon brun gris clair, humifère; gravello-sableux un peu argileux, structure non développée, cohésion assez forte.
- 16 - 46 cm Horizon brun gris clair, encore humifère, à très nombreuses concrétions soit ferromanganifères noirâtres soudant des graviers, soit rouille et apparaissant alors comme une imprégnation ferrugineuse des feldspaths; horizon essentiellement constitué de ces concrétions et de graviers de quartz, cohésion assez forte.
- 46 - 95 cm Horizon brun gris clair, à taches rouges nombreuses et à nombreuses concrétions manganifères noires dans le haut diminuant de nombre dans le bas; essentiellement constitué de graviers de quartz; cohésion assez forte, passage brutal au suivant
- 95 - 140cm granite pegmatitique peu altéré feldspathique et quartzeux

La ségrégation ferrugineuse et manganifère peut être beaucoup moins intense.

b. Fertilité et utilisation.

Au point de vue physique ces sols ont l'inconvénient d'être gravelleux et par conséquent d'avoir une économie de l'eau déficitaire en surface. L'évaporation assèche très rapidement la surface du sol et les semis devront être tardifs et effectués lorsque la saison des pluies sera assez bien installée.

Au point de vue chimique, la fertilité dépend de la nature du matériau originel qui peut être plus ou moins quartzeux et plus ou moins feldspathique, les matériaux plus feldspathiques, étant plus intéressants tant au point de vue économie de l'eau qu'au point de vue richesse chimique: en effet la nutrition des plantes peut s'améliorer à la surface des grains de

feldspaths en voie d'altération. Ces cristaux de feldspaths s'écrasent au passage à la broyeuse mécanique ce qui contribue à donner une idée fautive du pourcentage de terre fine qui en réalité très faible ici. Les matériaux essentiellement siliceux seront très pauvres chimiquement. Ces sols devront être, en cas d'utilisation, réservés à l'arachide qui devrait s'y plaire en année régulièrement pluvieuse, mais l'irrégularité de la répartition des pluies rendra la récolte aléatoire.

Le pH et le taux de saturation sont généralement corrects mais c'est la terre fine qui fait défaut.

c. Répartition.

Cette série est nettement dominante dans les régions de SAWANA, de SABOURI, sur la VOLTA BLANCHE et dans la région de NOBÈRÈ sur la VOLTA ROUGE. On la retrouve dans la région de ZABRÈ sur la VOLTA ROUGE.

2.2. Série à intense concrétionnement ferrugineux ou ferromanganifère.

L'hydromorphie actuelle est très intense dans cette série. Elle pourrait être superposée à une ferrugination ancienne. L'intense concrétionnement est proche de la surface :

Exemple de profil (VS 54 sur la piste de SAWANA à TOGOM à 5 Km de SAWANA) :

0 - 20 cm : Horizon à aspect hydromorphe en surface, gris beige à petites taches ocre mal délimitées, peu nombreuses, texture gravello-sablo-argileuse; structure non développée; cohésion forte; repose sur un lit plus gravelleux à cohésion faible.

20 - 63 cm : Horizon gris blanc intensément concrétionné à grosses concrétions ferrugineuses et ferromanganifères à cassure brun rouille à brun noirâtre foncé, ou rouges sur les bords et noires au centre, irrégulières, du genre typiquement hydromorphe, nombreuses poches concrétionnées sans cohésion,

horizon très caverneux, on distingue de nombreux graviers de quartz, cohésion d'ensemble moyenne.

63-97cm Horizon beige très clair à très nombreuses et grandes rouges parfois noires au centre; essentiellement gravelleux avec une terre fine argileuse; plus durci que précédemment mais à débit encore particulière, un peu caverneux.

97-132cm Horizon beige très clair à grandes taches rouges, nombreuses s'anastomosant; gravello-argileux cohésion d'ensemble forte, quelques taches noires.

On trouve ces sols dans les régions de BISSIGA, de SAWANA-TOGOM (VOLTA BLANCHE) et aussi dans la région de ZAPRÈ (VOLTA ROUGE).

Leur intérêt agronomique est nul à cause de l'hydromorphie actuelle intense à faible profondeur.

Lorsque ces sols portent des recouvrements plus épais, on les retrouve dans le sous-groupe à pseudogley de profondeur à concrétions et taches.

3. Famille sur argile vertique et gravillons ferrugineux.

3.1. Morphologie.

Dans cette famille, le matériau gravillonnaire qui peut porter des recouvrements variés sableux à argilosableux, repose presque toujours sur une argile vertique (à caractères de vertisols). L'engorgement est donc constamment bien marqué dans ces sols .

Nous distinguerons cependant des sols où le matériau gravillonnaire peut ne pas reposer sur argile vertique mais est recouvert par une argile à tendance vertique.

L'hydromorphie se traduit dans le matériau gravillonnaire par la formation de concrétions ferromanganifères (soudure de gravillons, le plus souvent

par des taches manganifères noir-bleuté, mais aussi par du fer) et par des taches et concrétions manganifères noires et des taches ferrugineuses.

Ces sols se rapprochent donc des vertisols à recouvrements gravillonnaires, mais ici ces derniers sont beaucoup plus épais ou portent des recouvrements beaucoup plus épais (plus de 40 à 50 cm).

Nous distinguerons ici des sols :

- sans recouvrement (il s'agit des recouvrements du matériau gravillonnaire).
- à recouvrements sableux.
- à recouvrements sableux à sabloargileux.
- à recouvrements épais polyphasés sableux à sabloargileux puis argilo-sableux.
- à recouvrements argileux à tendance verticale.

Les 3 premiers ne se distinguent que par la nature des recouvrements qui sont généralement peu épais.

Donnons un exemple de profil dans les sols sans recouvrements (VK5 à 5,2 Km de WADA sur la piste de KARAKOULÉ) :

- 0 - 16 cm Horizon brun humifère, devenant brun gris et plus humifère par endroits, essentiellement gravillonnaire sauf par endroits argileux à gravillons ferrugineux; nombreuses concrétions ferromanganifères qui sont en réalité la soudure de gravillons ferrugineux par des taches noire-bleuté manganifères durcies; horizon meuble dont les éléments constitutifs se libèrent très facilement au piochon; cohésion faible, devant cependant moyenne par endroits avec alors un débit par éclats se réduisant en polyèdres grossiers; bonne porosité, nombreuses racines de graminées; quelques cailloux de quartz.
- 16 - 45cm Horizon rouge (H38), paraissant très peu humifère, essentiellement gravillonnaire à gravillons recouverts d'une pellicule rouge (H38), à nombreuses concrétions noires manganifères et à taches rouille; horizon assez meuble d'où les éléments

constitutifs se libèrent facilement au piochon; terre fine rare argileuse; quelques cailloux de quartz.

45-84cm Horizon gris blanchâtre à taches ocre, à concrétions noires manganifères; argilogravillonnaire; cohésion moyenne au sommet avec alors une structure polyédrique moyenne à fine; plus durci dans le bas mais aussi moins riche en gravillons avec une structure prismatique moyenne à 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 patinées luisantes; cet horizon remonte par endroits jusqu'à 45 cm, la structure est alors prismatique aplatie tendant à la plaque à larges faces de décollement obliques et magnifiquement patinées, ou structure en larges plaques patinées 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 sa base et passe à un granite altéré.

Le néoconcrétionnement peut être beaucoup plus intense donnant alors de grosses concrétions ferromanganifères à cortex durci bien différencié.

Les sols à recouvrements sableux à sabloargileux peuvent comporter :

- un horizon superficiel sableux peu épais, brun, reposant sur les gravillons.

- un apport superficiel sableux plus épais environ 25 cm différencié alors en 2 horizons humifères, de couleur variable brun à gris, avec ou sans taches ferrugineuses mais à cohésion toujours forte à assez forte, et reposant sur le matériau gravillonnaire; le 1er horizon peut être sableux et le 2è sablo-argileux.

Les sols à recouvrements épais polyphasés sableux à sabloargileux puis argilosableux comportent :

- un horizon superficiel de 20 cm environ gris à brun gris, structure à tendance prismatique, cohésion forte
- un ou deux horizons argilosableux (20 à 40 cm environ) brunâtre à taches ocre, structure peu développée, cohésion forte.
- le matériau gravillonnaire ou un matériau argilogravillonnaire à néoconcrétionnement.
- un horizon argileux vertique.

Les sols à recouvrements argileux à tendance vertique comportent :

- un horizon superficiel d'épaisseur variable 10 à 20 cm argileux, brun foncé à brun noir (J 32 à J 62), à structure soit polyédrique grossière à très grossière bien à assez bien développée à surstructure polyédrique large à cubique, soit peu développée à tendance prismatique ou à débits grossiers polyédriques, reposant sur le matériau gravillonnaire. Ce dernier peut reposer ou non sur une argile vertique.

3.2. Répartition et cartographie.

Ces sols se retrouvent toujours en association avec les vertisols bien qu'ils n'aient pas été cartographiés avec eux.

Ils ont été cartographiés seuls par petites taches disséminées dans les 2 bassins versants, la plus importante étant sur la rive droite de la VOLTA BLANCHE au Nord-Est de ZOUNGOU.

Ils constituent les éléments dominants de nombreuses associations de sols disséminés dans l'ensemble des Bassins versant et dont la principale tache s'étend le long de la VOLTA BLANCHE sur la rive gauche à l'Est de YAKALA et dans la région de LIMNOGHIN WAYEN,

3.3. Etude de la fertilité.

Les séries sont variées et n'ont pas les mêmes caractéristiques de fertilité et d'utilisation.

a. Sols sans recouvrements :

La terre fine possède une fertilité chimique moyenne à bonne, tout dépendra donc de la proportion de cette terre fine par rapport aux gravillons et de la profondeur du niveau d'engorgement qui est faible en position basse.

Ces sols ont cependant l'avantage de présenter une bonne porosité d'ensemble grâce à la présence des gravillons, et les phénomènes de mauvais drainage dans ces matériaux, lorsqu'ils ne sont très prononcés contribuent plutôt à améliorer l'alimentation en eau d'horizons qui sans cela risqueraient d'être trop secs. Grâce au climat humide en saison des pluies ils conviendront bien à la culture, mais le problème du semis et de la levée, du végétation de la plantule au début de la saison des pluies sera difficile.

Ces sols doivent être réservés à l'arachide particulièrement à l'arachide de bouche qui devrait bien s'y plaire et au sorgho. Le coton y viendra si la proportion d'éléments fins est correcte, si la fertilité est maintenue par des apports de matière organique et aussi si le niveau d'engorgement prononcé est assez profond.

b. Sols à recouvrements sableux à sabloargileux.

Ces sols lorsqu'ils ne sont pas en position basse, bénéficient pour les apports sableux à sabloargileux posés sur les horizons gravillonnaires, d'un assez bon drainage.

La fertilité de ces horizons supérieurs grâce au milieu vertical environnant est moyenne à bonne. Il faut surtout y maintenir le stock organique.

Ces sols conviennent aussi parfaitement à l'arachide. Nous ne les conseillons pour le coton que si la proportion en éléments fins des niveaux gravillonnaires est correcte et par conséquent leur fertilité. L'engorgement prononcé à la base des horizons gravillonnaires au contact avec les argiles verticales interdit l'exploitation de cette zone par les racines mais par contre peut contribuer à une alimentation en eau correcte des niveaux gravillonnaires.

Ils peuvent convenir aussi au sorgho. La discontinuité de nature entre les horizons sableux et l'horizon gravillonnaire semble devoir protéger ce dernier d'une dessiccation rapide, mais les premiers peuvent subir une dessiccation prononcée en période de sécheresse. Il faudra donc que le système racinaire puisse atteindre l'horizon gravillonnaire (travail du sol). Ceci n'est pas possible quand les apports sableux à sabloargileux seront épais mais dans ce cas leur dessiccation rapide est moins à craindre

c. Sols à recouvrements épais sableux à sabloargileux puis argilosableux.

Ces sols sont beaucoup moins répandus que les précédents, ils se développent dans la tache située sur la rive gauche de la VOLTA HANCHE à l'Est de YAKALA et sur la rive gauche de la VOLTA ROUGE dans région de ZABRÈ.

Ce sont des sols typiquement mal drainés à mauvaises caractéristiques physiques convenant très mal au coton mais qui peuvent avec un travail du sol convenir en sorgho principalement.

La fertilité chimique (cf profil VG70) semble devoir être assez bonne.

d. Sols à recouvrement argileux à tendance verticale.

Ces sols ne se développent que dans la région de LIMNOGHIN WAYEN.

Ils présentent sur les autres sols de cette famille, l'avantage d'avoir un recouvrement argileux superficiel à fertilité chimique bonne (somme des bases échangeables élevée, teneur en matière organique bonne, teneur en azote moyenne, mais la déficience en phosphore semble se maintenir), à structure polyédrique grossière parfois bien développée, permettant alors le travail du sol avant la saison des pluies, mais parfois aussi à structure prismatique large à grossière difficile à travailler et pourtant requérant alors un obligatoire travail du sol permettant aux racines d'atteindre les horizons gravillonnaires dont les réserves en eau sont protégées par la présence d'un horizon argileux en surface.

La terre fine des horizons gravillonnaires/^a aussi une bonne fertilité chimique, la fertilité dépendra donc du pourcentage des gravillons, mais la présence de l'argile en surface et le mélange possible sur une assez bonne épaisseur de cette argile avec les gravillonnaires, amène une augmentation de la fertilité de ces sols.

Ils conviendront au sorgho et aussi avec un travail du sol et le maintient d'une structure correcte en surface au coton.

Il faudra les surveiller au point de vue érosion pour empêcher l'ablation de l'horizon superficiel argileux qui conditionne la fertilité.

4. Famille sur gravillons et cailloux.

Le matériau originel est un mélange de gravillons ferrugineux et de cailloux pegmatitiques (feldspaths et quartz) en proportions variables pouvant aller d'un matériau essentiellement gravillonnaire à un matériau essentiellement caillouteux. L'hydromorphie se traduit dans ce matériau par un concrétionnement plus ou moins intense manganifère et ferro-manganifère.

Exemple de profil sur matériau gravillonnaire et caillouteux (VO 10 à I4, I Km de la VOLTA sur la piste YAKALA-LENGA TENKODOGO, description de D. AN).

- 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.

Ce sont des sols où l'hydromorphie ne semble pas en réalité très intense, le concrétionnement qui fait illusion est en réalité souvent induit principalement par la nature du matériau originel.

Ces sols, cartographiés dans la région de LENGA où ils accompagnent des lithosols sur granite principalement, n'ont qu'un faible intérêt agronomique, parce que pauvres chimiquement dans les horizons gravillonnaires.

On y cultive l'arachide et un sorgho médiocre.

F.2. Sols à pseudogley de profondeur.

F.2.1. Pseudogley à concrétions (et taches)

1. Famille sur arène granitique gravelleuse

Le matériau originel est le même que celui des sols à hydromorphie de surface ou d'ensemble à concrétions (et taches) sur arène granitique gravelleuse.

a. Séries gravelleuses sur l'ensemble du profil.

Ces sols se trouvent en association avec ceux de la famille ci-dessus bien qu'ils n'aient pas été cartographiés. La seule différence avec ces derniers est l'apparition des phénomènes d'hydromorphie en profondeur seulement

Les caractéristiques de fertilité et l'utilisation sont les mêmes.

b. Séries à recouvrements polyphasés à tendance ferrugineux tropical.

Ici l'arène gravelleuse est recouverte par des apports polyphasés sableux ou sabloargileux en surface devenant sabloargileux ou argilosableux

en profondeur réalisant ainsi un pseudoprofil ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions.

Exemple de profil (V 28 sur la route de KAYA à OUAGADOUGOU, 14,2 Km après la sortie du pont sur la VOLTA BLANCHE)

- 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 - 125 cm 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

à partir de 125cm On passe progressivement au granite altéré en place, à gros grains (0,5 cm environ) kaolinisé à très nombreuses taches rouille, sorte d'arène grossière cimentée par un peu d'argile et par du fer.

Le concrétionnement peut être plus profond et moins intense, les apports superficiels peuvent être mal drainés

Ces sols ont des caractéristiques de fertilité semblables aux sols à hydromorphie de profondeur sur arène granitique argilosableuse à cause des recouvrements assez identiques.

2. Famille sur gravillons à recouvrements divers.

2.1. Morphologie.

Les phénomènes d'hydromorphie se traduisent typiquement ici, dans le matériau gravillonnaire par un intense concrétionnement qui marque une tendance fréquente au passage à la carapace due à la raturation du matériau originel.

Les recouvrements sont souvent sableux puis sabloargileux ou argilo-sableux.

Un profil typique est donné par le VI9 situé sur la route de la VOLTA BLANCHE à BISSIGA (route OUAGADOUGOU-KAYA) à 400 m de la VOLTA :

- 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
- 20 - 30 cm Horizon de transition, beige ocre grisâtre, encore 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 sabloargileux 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 .

Les principales variations autour de ce profil sont :

- disparition de la tendance à la carapace.
- accentuation de la tendance à la carapace avec passage à des sols qui devraient normalement être classés dans le sous-groupe hydromorphe à carapace.
- atténuation du concrétionnement qui peut même devenir uniquement mangani-
fère.
- présence d'une cuirasse ou d'une carapace ancienne en profondeur.

2.2. Fertilité.

Ces sols ne présentent un intérêt agronomique que par leurs recouvrements superficiels sableux à argilosableux qui ont sensiblement la même fertilité chimique que dans les sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilosableuse. On se référera donc à ces derniers. Lorsque ces recouvrements superficiels atteignent 35 à 50 cm, le matériau gravillonnaire n'est pas un élément défavorable en profondeur si sa proportion n'est pas excessive.

Au point de vue caractéristiques physiques, la structure, la cohésion et la porosité restent assez semblables aussi à celles des sols à pseudogley de profondeur à concrétions sur arène granitique argilosableuse, mais ici le mauvais drainage est souvent plus accentué en surface et l'hydromorphie se manifeste souvent à assez faible profondeur. Ces sols le plus souvent conviendraient donc mal au coton et à l'arachide par contre le sorgho peut s'en accommoder. Ils sont susceptibles à l'érosion en nappe contre laquelle il faut les protéger, d'autant plus qu'ils reposent assez souvent sur des cuirasses ou carapaces en profondeur et que leur ablation aboutirait donc à la stérilisation du sol.

2.3. Répartition et cartographie.

Ces sols ont été cartographiés dans le Nord du Bassin versant de la VOLTA BLANCHE où ils sont juxtaposés à des lithosols sur cuirasse ferrugineuse. On retrouve cette juxtaposition dans la région comprise entre NOBÈRÈ et PÔ (VOLTA ROUGE).

Ils se trouvent dans d'autres juxtapositions de sols des régions de LIMOGHIN-WAYEN , de MANDIE , au Sud du BOMBORE (VOLTA BLANCHE).

3. Famille sur graviers et cailloux à recouvrements sableux.

3.1. Morphologie.

Le matériau originel est typiquement sableux en surface et gravillonnaire en profondeur. Les gravillons (ferrugineux) peuvent être mêlés à des graviers et cailloux de quartz et de feldspaths ou même être totalement remplacés par ces derniers, la manifestation des phénomènes d'hydromorphie est alors parfois moins intense. Il repose le plus communément sur le granite ou le gneiss peu ou pas altéré. Le concrétionnement est plus ou moins intense dans le matériau gravillonnaire et dans les cas de faibles intensités il semble déterminé surtout par la nature du matériau originel.

Exemple de profil à faible concrétionnement. (VY 47 à 20, I Km de ZABRE sur la piste de ZIOUN-YAKALA) :

- | | |
|------------|--|
| 0 - 20 cm | Horizon gris beige faiblement humifère, texture sableuse faiblement argileuse à sables grossiers; structure peu développée à tendance particulaire, cohésion d'ensemble faible à moyenne; porosité tubulaire moyenne. |
| 20 - 35 cm | Horizon beige à beige ocre; ne paraissant pas humifère; texture sableuse peu argileuse; structure non développée, cohésion plus forte que précédemment; porosité tubulaire moyenne. |
| 35 - 75 cm | Horizon essentiellement gravelleux, gravillonnaire et caillouteux à terre fine gris blanchâtre, avec des éléments de roches ferruginisés en surface, quelques concrétions ferromanganifères vers la base, horizon sans cohésion. |
| 75 -140 cm | Gneiss à dominance de biotite peu altérée; structure à tendance prismatique dans la partie supérieure plus altérée |

L'horizon gravillonnaire peut être intensément concrétionné ou tendre à la carapace par une intense imprégnation ferrugineuse. Le mauvais drainage est parfois assez bien prononcé en surface.

3.2. Fertilité d'ensemble et utilisation.

Ces sols ont une fertilité chimique médiocre et d'autant plus qu'ils ont été exploités comme dans la région de HÉRIBA. Teneurs en matière organique et corrélativement capacité d'échange et somme des bases échangeables sont faibles.

Leur texture sableuse ne les préserve pas des caractéristiques physiques médiocres dues au mauvais drainage d'origine topographique en surface et par arrêt des eaux de drainage sur le granite en profondeur.

Ce mauvais drainage leur permet cependant d'avoir un stock d'eau que ne leur permettrait pas leur capacité de stockage intrinsèque, cependant ils risquent d'être secs en année déficitaire.

Les horizons grossiers ne sont pas souvent bien engorgés et sont exploitables par les racines.

Leur pauvreté chimique font qu'ils ne conviennent pas au coton.

Ils doivent être réservés au sorgho (grâce à la pluviométrie assez élevée de ces zones) et à l'arachide. Ils ont un besoin impérieux du relèvement de la fertilité chimique par apports d'engrais minéraux et organiques. Leur mauvaise structure nécessite un travail du sol avec des amendements organiques.

Ces sols associés à des affleurements de granites plus ou moins nombreux selon les régions, occupent de grandes superficies dans le Bassin Versant de la VOLTA BLANCHE : régions de HÉRIBA, au Sud de BAGRÉ et au Nord Est de YAKALA.

Certaines de ces régions comme celle de HÉRIBA sont très cultivées.

4. Famille sur arène granitique argilosableuse à recouvrements.

Cette famille de sols est pratiquement avec la famille des vertisols lithomorphes sur argiles lourdes la plus importante par les superficies qu'elle occupe.

4.1. Morphologie.

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. 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, parfois sablo-argileuse et ^{une} deuxième phase sableuse le plus souvent et parfois sabloargileuse à sablo-limo-neuse dérivés 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 dont la différenciation est la suivante :

- un horizon superficiel A₁ communément épais de 15 cm environ gris humifère, sableux où le mauvais drainage se manifeste par une structure à tendance prismatique et une cohésion forte.

- un horizon de 15 cm environ, encore humifère (A₂), de couleur beige ocre grisâtre ou beige gris, sableux ou sabloargileux à structure et cohésion identiques, avec souvent une ségrégation ferrugineuse par taches diffuses.

- un horizon ocre ou beige, pouvant être encore parfois humifère (pénétration humifère par le remplissage des pores tubulaires donnant parfois un aspect ségréatif); texture argilosableuse ou sabloargileuse à fréquente ségrégation ferrugineuse sous forme de taches plus ou moins diffuses et nombreuses, à épaisseur variable à structure de type polyédrique grossier peu développée et à cohésion forte. Cet horizon s'arrête en moyenne vers 50-60 cm.

- un ou deux horizons (parfois 3), constitués par les altérations de granite à ferruginisation ancienne suscitées et plus ou moins affectées par les phénomènes d'hydromorphie actuelle, mais cet horizon peut être constitué aussi par une arène granitique argilosableuse d'apports récents affectés par un engorgement de profondeur qui y détermine des taches et concrétions d'hydromorphie actuelle, ce sont dans ce cas essentiellement des sols de bas de pente, le concrétionnement y est peu intense, les taches dominant.

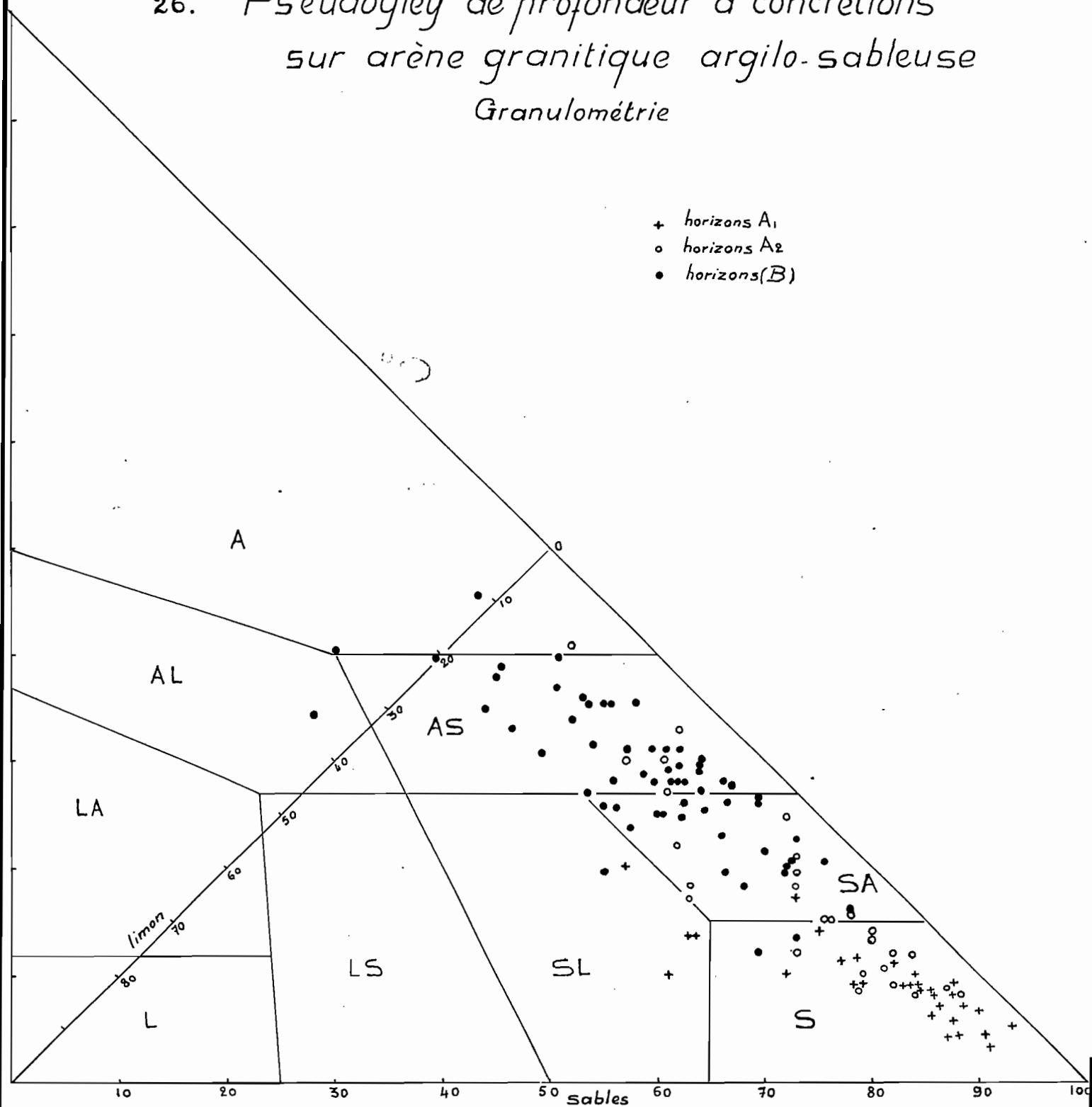
La nature de ce ou de ces horizons permet de distinguer ainsi quatre groupes de séries de sols :

- sols à pseudogley de profondeur à intense concrétionnement
- sols à pseudogley de profondeur à grandes taches rouges à retaille et à concrétions.
- sols à carapace en profondeur.
- sols de bas de pente à taches et concrétions d'hydromorphie actuelle.

Mais les apports récents recouvrant les altérations de granite à ferruginisation ancienne (le plus communément à intense concrétionnement dans le cas présent) peuvent être essentiellement sableux, nous distinguerons donc aussi une série sableuse à pseudogley de profondeur à intense concrétionnement tendant à la carapace.

26. Pseudogley de profondeur à concrétions
 sur arène granitique argilo-sableuse
 Granulométrie

- + horizons A₁
- o horizons A₂
- horizons (B)



Dans cette série les apports sableux sont différenciés en :

- un horizon superficiel gris, humifère, d'environ 15 cm, sableux, à structure souvent à tendance prismatique
- un horizon de transition d'environ 15 cm beige ocre grisâtre, encore humifère, à structure identique avec parfois une ségrégation diffuse du fer par taches
- un horizon ocre beige, pouvant présenter des pénétrations humifères plus brunâtres par zone, structure identique, texture toujours sableuse.

4.2. Fertilité des séries à apports polyphasés argilosableux à sabloargileux et sableux.

Ces sols constituent l'essentiel de cette famille.

4.2.1. Les éléments de la fertilité.

a. Texture.

Le graphique N° 26 donne la texture des différents horizons.

Les horizons de surface A₁ apparaissent en quasi totalité sableux, quelques échantillons seulement se classent en sablo-limoneux et un seul échantillon en sablo-argileux.

De nombreux horizons A₂ apparaissent encore sableux mais ici les points s'étalent de la classe sableuse à la classe argilosableuse.

Les sables fins dominant rarement sur les sables grossiers, il y a souvent égalité ou avantage au profit des sables grossiers.

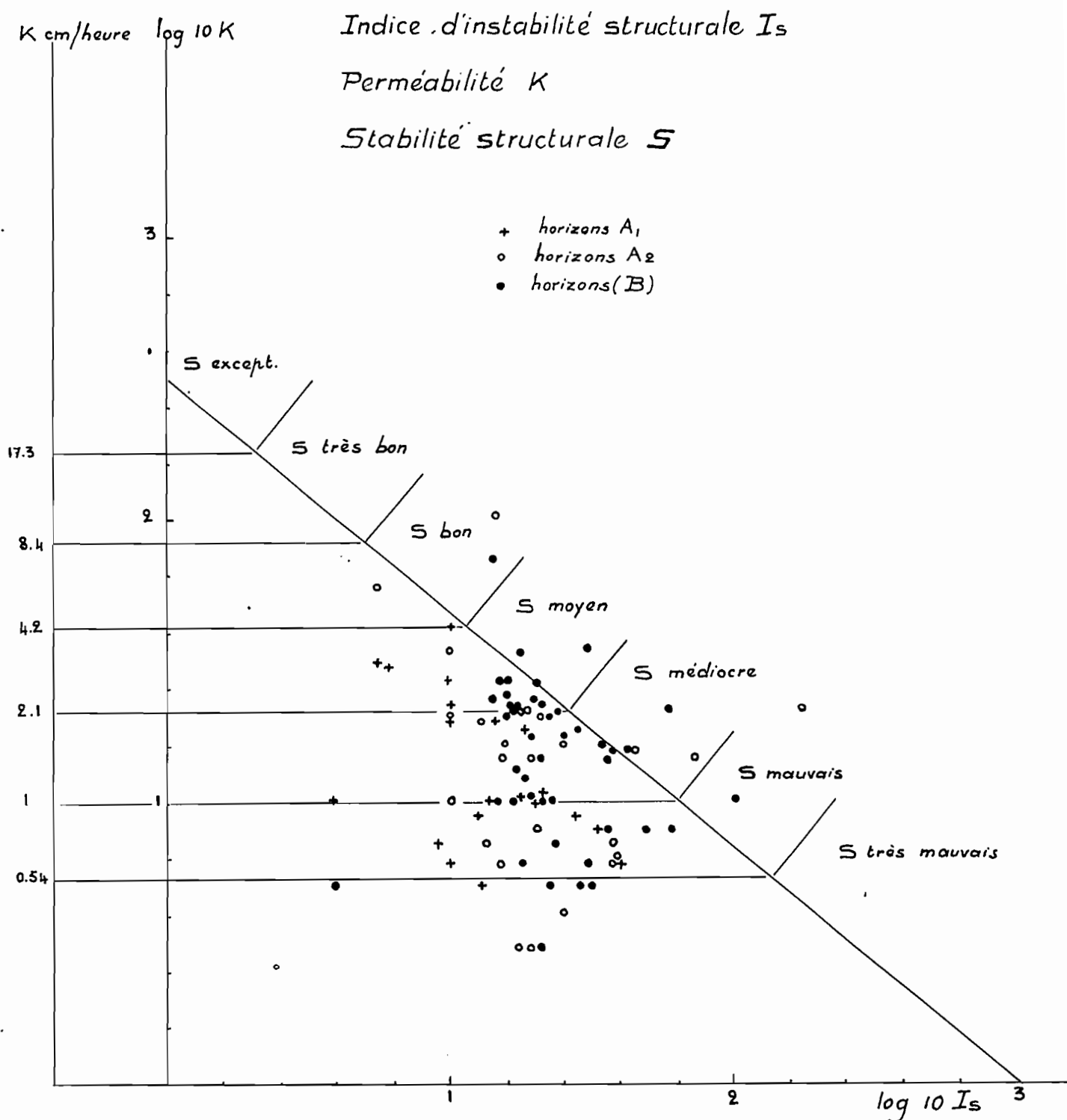
Les horizons de profondeur sont argilosableux à sabloargileux.

La conséquence immédiate de cette texture sableuse en surface est que la fertilité chimique dépendra alors étroitement du stock organique.

b. Structure et cohésion.

En surface (A₁ et A₂), la structure est typiquement non développée ou à tendance prismatique avec des cohésions fortes. La structure est donc mauvaise.

27. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse



En profondeur, lorsque le concrétionnement n'intervient pas la structure est soit du type polyédrique peu développée, marquant donc une certaine amélioration, soit encore du type prismatique peu développée ou du type non développée.

La stabilité de la structure, en surface comme en profondeur est plus variable : le nuage des points figuratifs se répartit entre les classes de stabilité structurale DABIN (S) mauvaise à moyenne avec quelques échantillons dans les classe très mauvaise et bonne. (graphique N° 27)

L'indice d'instabilité structurale HENIN est cependant assez bien groupé, il varie en gros et pour le nuage de points entre I et I,45 valeurs correspondant à une stabilité structurale moyenne.(graphique N° 27)

Mais la perméabilité moins sensible que le I_S à certaines erreurs est beaucoup plus dispersée, allant de 0,50 cm/heure (valeur très faible) à 4,2 cm/heure (valeur bonne) et c'est ce qui étale la stabilité structurale DABIN.

On peut cependant conclure que la plus grande partie des horizons, tant de surface que de profondeur ont une stabilité structurale médiocre, d'autant que même pour les profils qui montrent des valeurs moyennes en surface il faut considérer que l'agressivité élevée des facteurs de dégradation de la structure en saisons des pluies leur confère en réalité une stabilité structurale médiocre.

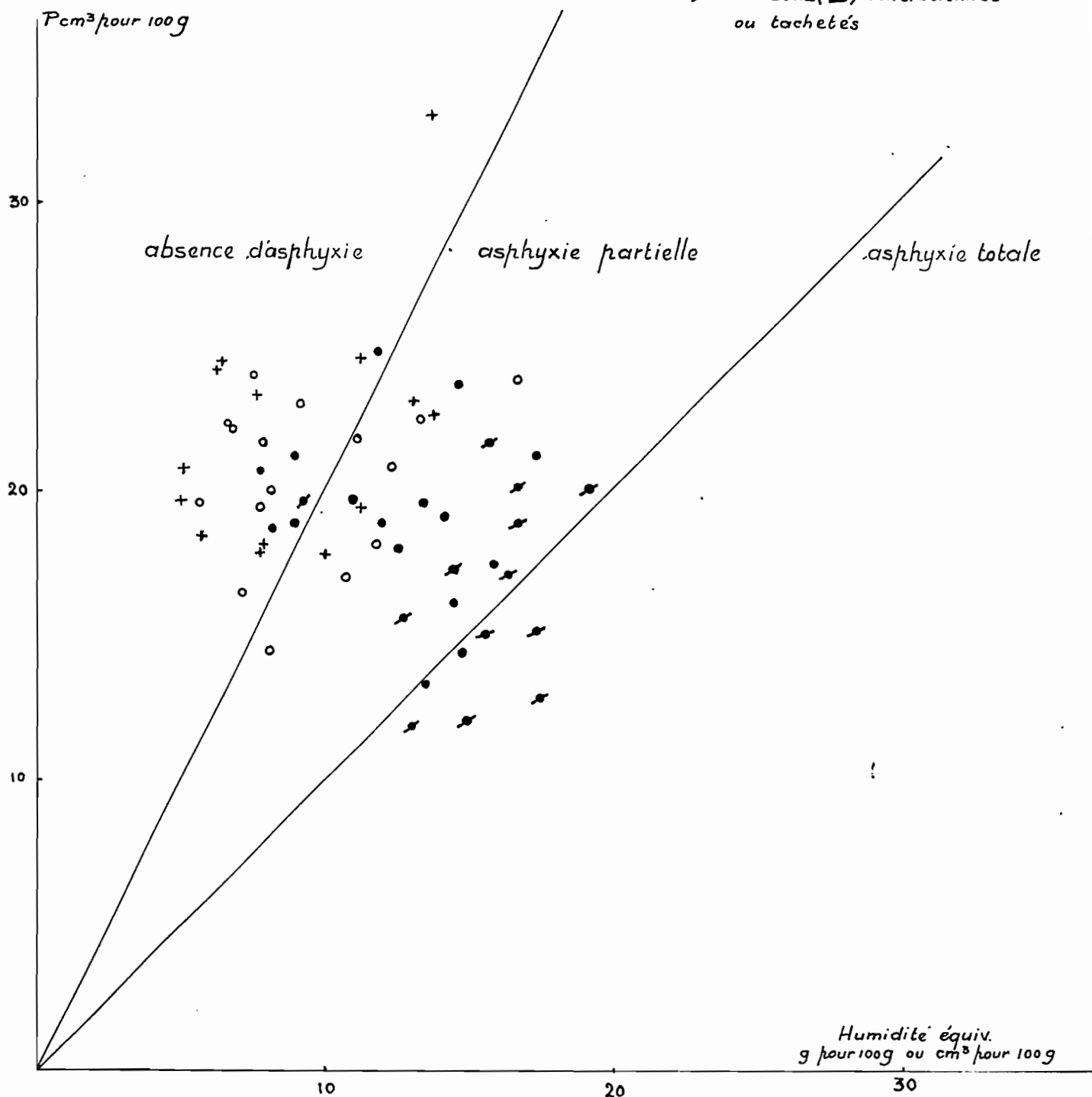
La structure est mauvaise, la stabilité de la structure existante ou qui pourrait être créé par les façons culturales est médiocre à mauvaise.

La cohésion forte interdit un travail du sol en saison sèche et doit contribuer à la formation de croûte superficielle durcie pendant les périodes de sécheresse.

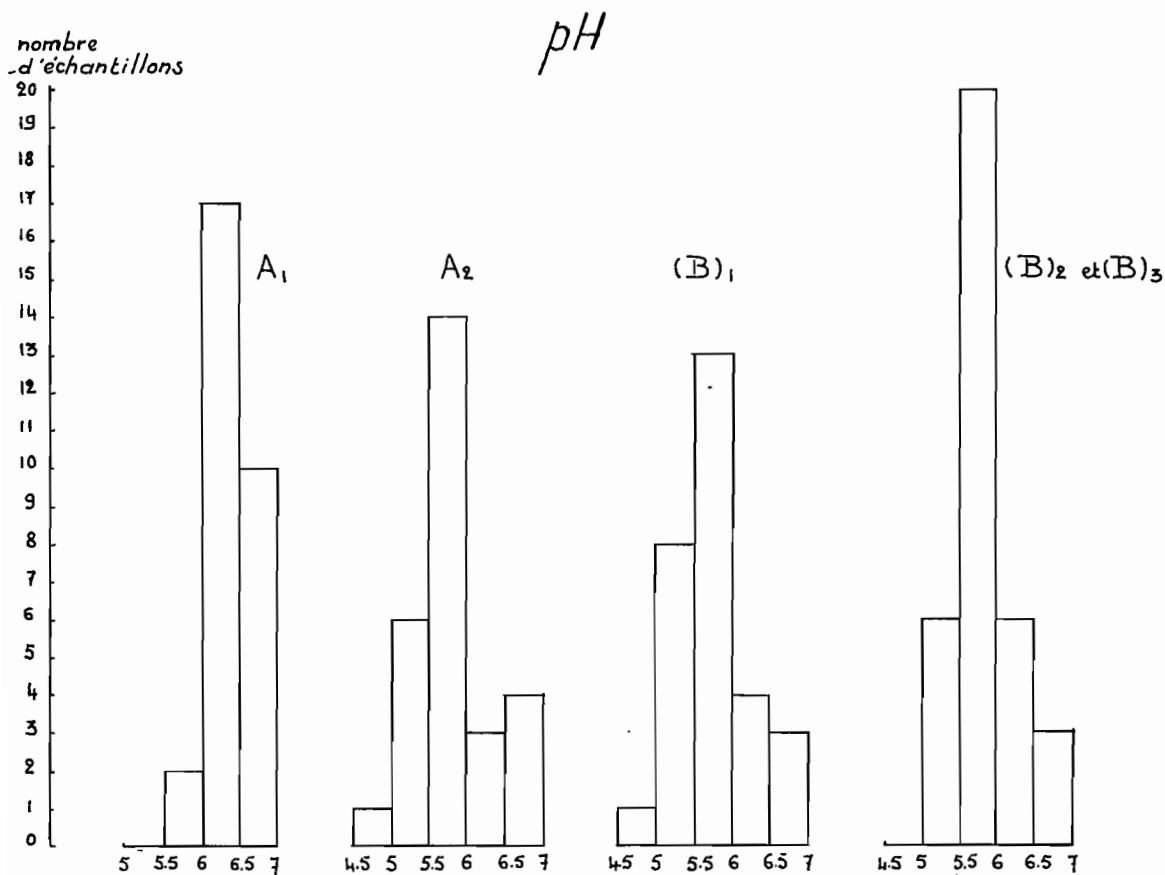
Ces conditions structurales sont défavorables à la germination et à la levée des plantules, déjà défavorisées par ailleurs par l'irrégularité des pluies. Elles sont aussi défavorables à la pénétration des racines en profondeur.

28. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse

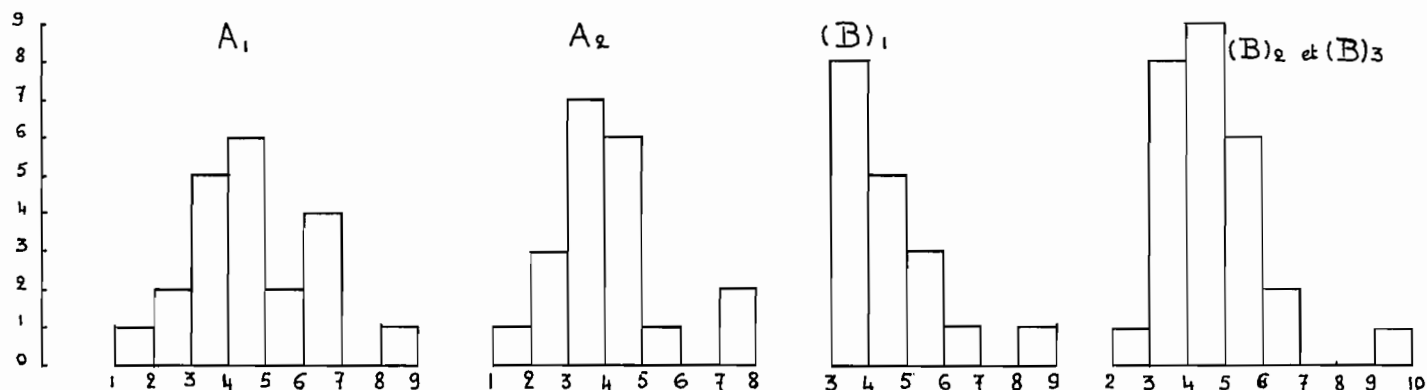
- + horizons A₁
- o horizons A₂
- horizons (B)
- ✱ horizons (B) concrétionnés
ou tachetés



29. *Pseudogley* de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse



Eau utile en g pour 100g



c. La porosité : Graphique N° 28

La macroporosité est bonne dans la grande majorité des horizons superficiels A_1 et des horizons intermédiaires A_2 : le nuage des points figuratifs, pratiquement situé en zone sans asphyxie ne déborde que légèrement dans la zone à asphyxie partielle. Elle est très variable dans les horizons profonds ; on distingue un nuage de points à cheval sur les zones sans asphyxie et à asphyxie partielle et un autre à cheval sur les zones à asphyxie partielle et à asphyxie totale où dominent les horizons à taches et concrétions.

Mais la déficience du drainage externe et interne tend à maintenir ces sols à des humidités supérieures à l'humidité équivalente réduisant ainsi la capacité pour l'air. Par ailleurs, la porosité est surtout d'origine biologique en surface et elle peut se dégrader avec la culture si le squelette sableux s'y prête. On aura donc intérêt à améliorer la structure par un travail du sol en même temps que des apports de matière organique.

d. L'eau utile.

Le graphique N° 29 donne la distribution de fréquence de quantités d'eau utile dans les différents horizons. Les 2/3 des échantillons A_1 ont des valeurs, en eau utile inférieures à 5% c'est-à-dire faibles, les 2 fréquences élevées s'observent dans les classes 3 à 4% et 4 à 5% (les limites supérieures ne sont pas incluses dans la classe). Le tiers seulement des échantillons possède des teneurs en eau utiles pouvant être considérées comme moyennes 5 à 8% (ce qui est bon pour des horizons sableux).

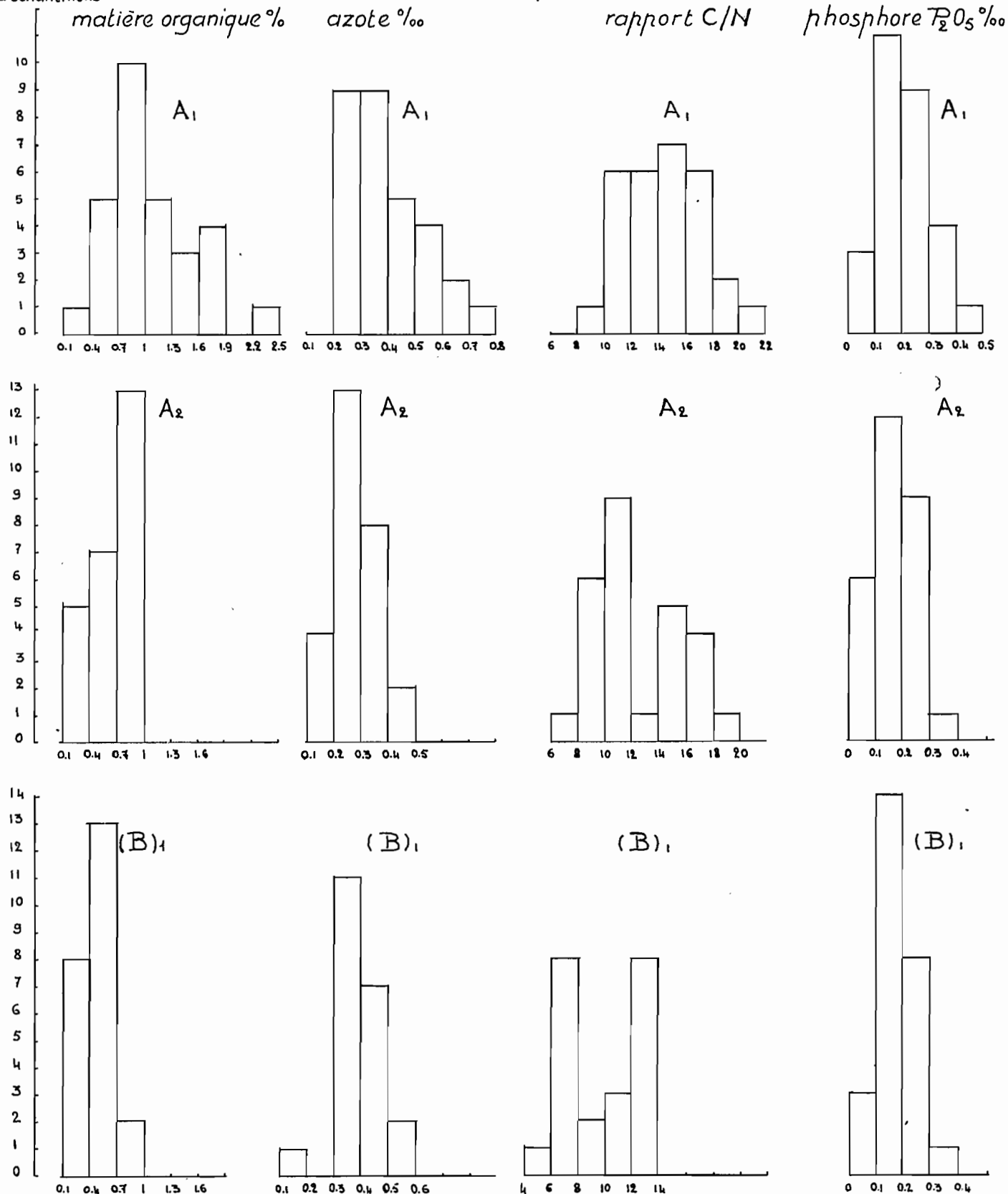
Les horizons A_2 montrent dans l'ensemble une infériorité où l'on reconnaît l'influence de la matière organique : 85% des échantillons ont des teneurs en eau utile inférieures à 5%.

Cette notion d'eau utile des horizons de surface est très importante en début de saison des pluies c'est-à-dire, pendant la période de germination de levée de la plantule puisque l'irrégularité des pluies fait vivre cette dernière sur l'eau emmagasinée essentiellement en surface.

30. Pseudogley de profondeur à concrétions

sur arène granitique argilo-sableuse

nombre d'échantillons



Le stock d'eau dont pourra donc bénéficier la plantule est faible à moyen

e. La matière organique et azote. (graphique N° 30)

Les teneurs en matière organique des horizons A₁ peuvent être considérés dans l'ensemble comme moyennes à bonnes : 21% seulement des échantillons ont des teneurs faibles inférieures à 0,7%, la fréquence maximum soit 35% des échantillons se trouve dans la classe 0,7 à 1% (valeurs moyennes à faibles) mais 42% des échantillons ont des teneurs en matière organique comprises entre 1 et 1,9% (teneurs moyennes à bonnes).

Ces quantités de matière organique sont imputables au fait que la plupart de ces sols sont sous végétation naturelle ou sont de très vieilles jachères abandonnées par le dépeuplement des zones limitrophes des VOLTAS, et aussi au fait que la tendance est au mauvais drainage en surface.

Cette matière organique est dans l'ensemble du type moyennement évoluée : la distribution de fréquence des rapports C/N dans les horizons A₁ tend à être normale avec une valeur moyenne de 15 qui peut être considérée comme caractérisant une matière organique moyennement évoluée sous végétation naturelle.

Les teneurs en matière organique des horizons A₂ peuvent être considérées dans l'ensemble comme moyennes.

Les teneurs en azote corrélativement aux rapports C/N assez élevés sont faibles dans l'ensemble : 77% des échantillons ont des teneurs en azote inférieures à 0,5% (valeur assez moyenne), mais ceci n'est pas grave car la mise en culture de ces sols hâtera la décomposition de la matière organique qui assurera une nutrition azotée correcte mais dont il faudra assurer, le remplacement par des apports.

f. Richesse minérale.

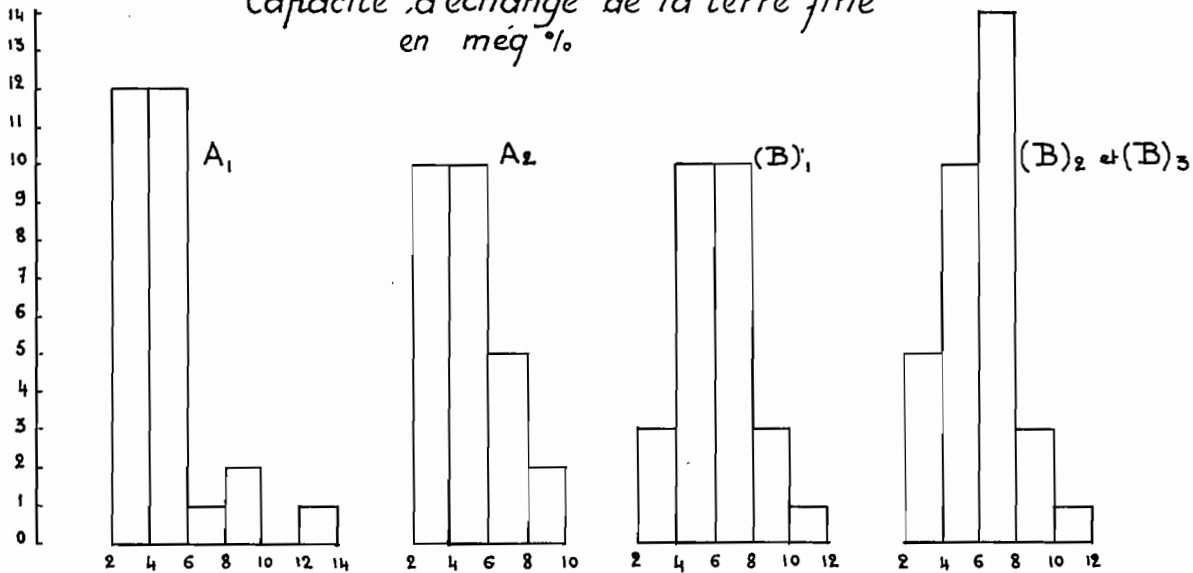
f.1. Somme des bases échangeables. (graphique N° 31)

Dans l'ensemble des horizons A₁, la somme des bases échangeables est moyenne; fréquence maximum élevée dans la classe 3 à 4,5 méq pour 100 g de terre, 27% seulement des échantillons ont des sommes de bases échangeables

31. *Pseudogley* de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse

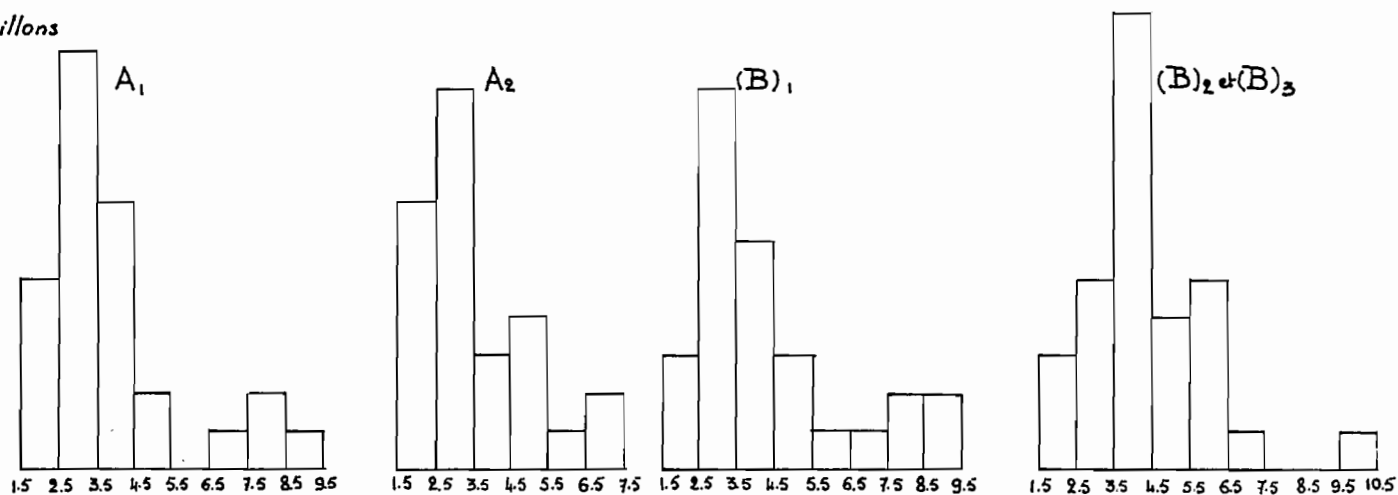
nombre
d'échantillons

Capacité d'échange de la terre fine
en még. %



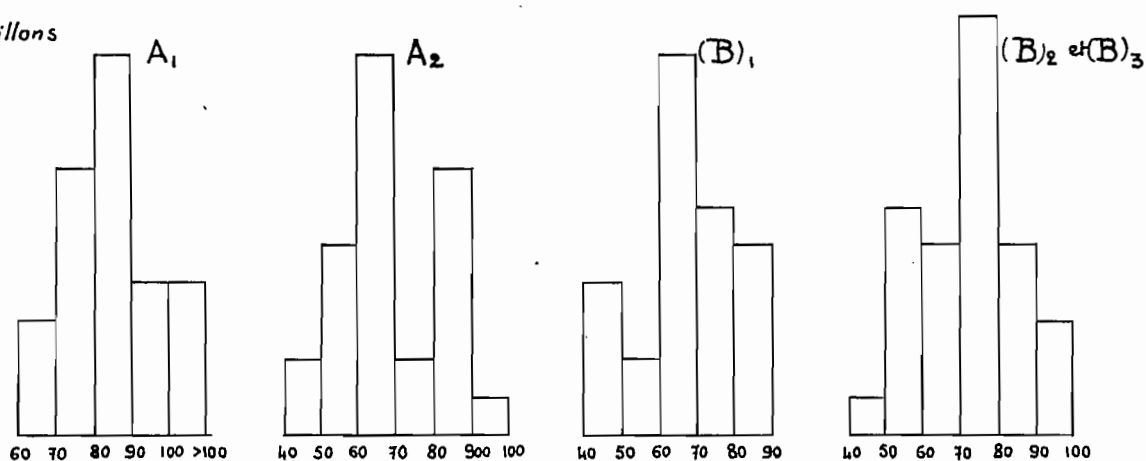
Bases échangeables még. %

nombre
d'échantillons



Taux de saturation en %

nombre
d'échantillons



faibles et quelques échantillons seulement ont des sommes de bases échangeables bonnes (supérieures à 6 méq pour 100 g de terre sèche).

La somme Ca + Mg constitue la presque totalité des bases échangeables, mais nous ne calculerons pas le rapport Ca/Mg à cause de la variabilité de la détermination de Mg.

Ces teneurs moyennes en bases échangeables sont attribuables à l'influence de la matière organique. En effet dans les horizons A₂ il y a une chute de la somme des bases échangeables due à une chute de la capacité d'échange par diminution des teneurs en matière organique, la somme des bases échangeables remonte en profondeur avec l'augmentation du taux d'argile, tout en restant moyenne : fréquence maximum dans la classe 3 à 4,5 méq avec très peu d'échantillons à somme des bases supérieures à 6 méq pour 100 g de terre. Les horizons de profondeur (B)₁ marquent une légère infériorité sur les horizons plus profonds et plus argileux dans l'ensemble (B)₂ et (B)₃

f.2. Le taux de saturation V et le pH (graphiques 31 et 29)

En surface dans les horizons A₁ le pH se maintient, grâce à l'influence de la matière organique à des valeurs bonnes : 6 à 6,5 le plus fréquemment et assez souvent 6,5 à 7. En accord avec ces pH le taux de saturation se maintient à de bonnes valeurs 70 à 100% avec seulement quelques échantillons où le V est compris entre 60 et 70%. (graphique N° 31)

En profondeur le pH subit une chute : la grande majorité des échantillons ont un pH de l'ordre de 5,5 à 6, c'est une valeur encore acceptable. Le taux de saturation reste encore assez bon à bon : 60 à 100% avec fréquence maximum dans la valeur 60 à 70% en A₂ et (B)₁ et 70 à 80% en (B)₂ + (B)₃.

f.3. Le potassium.

Les teneurs en potassium sont médiocres à très faibles, elles ne dépassent qu'exceptionnellement 0,20 méq pour 100 g de terre sèche, et descendent fréquemment autour de 0,05 à 0,1 méq pour 100 g de terre sèche.

La déficience potassique est donc générale. Cependant nous avons déjà rencontré des teneurs médiocres 0,1 à 0,2 méq pour 100 g dans les sols du Bassin Versant de ZANDIELA et malgré ces faibles teneurs la fumure potassique ne paraissait pas marquer du moins sur le coton, la fumure NP marquait mieux que la fumure NPK.

f.4. Le phosphore. (graphique N° 30)

La totalité des teneurs en P_2O_5 des horizons A_1 sont faibles à très faibles, inférieures à 0,5 ‰; la moitié des échantillons ont des teneurs très faibles inférieures à 0,2 ‰.

Cette déficience en phosphore s'accuse encore plus dans les horizons A_2 et dans les horizons de profondeur avec la diminution des teneurs en matière organique.

L'équilibre N- P_2O_5 (graphique N° 32) est médiocre dans plus de 50 % des échantillons, moyen pour d'assez nombreux échantillons et bon dans quelques échantillons seulement, et cela, par déficience de phosphore.

La fumure phosphatée sera donc un impératif premier dans l'utilisation de ces sols.

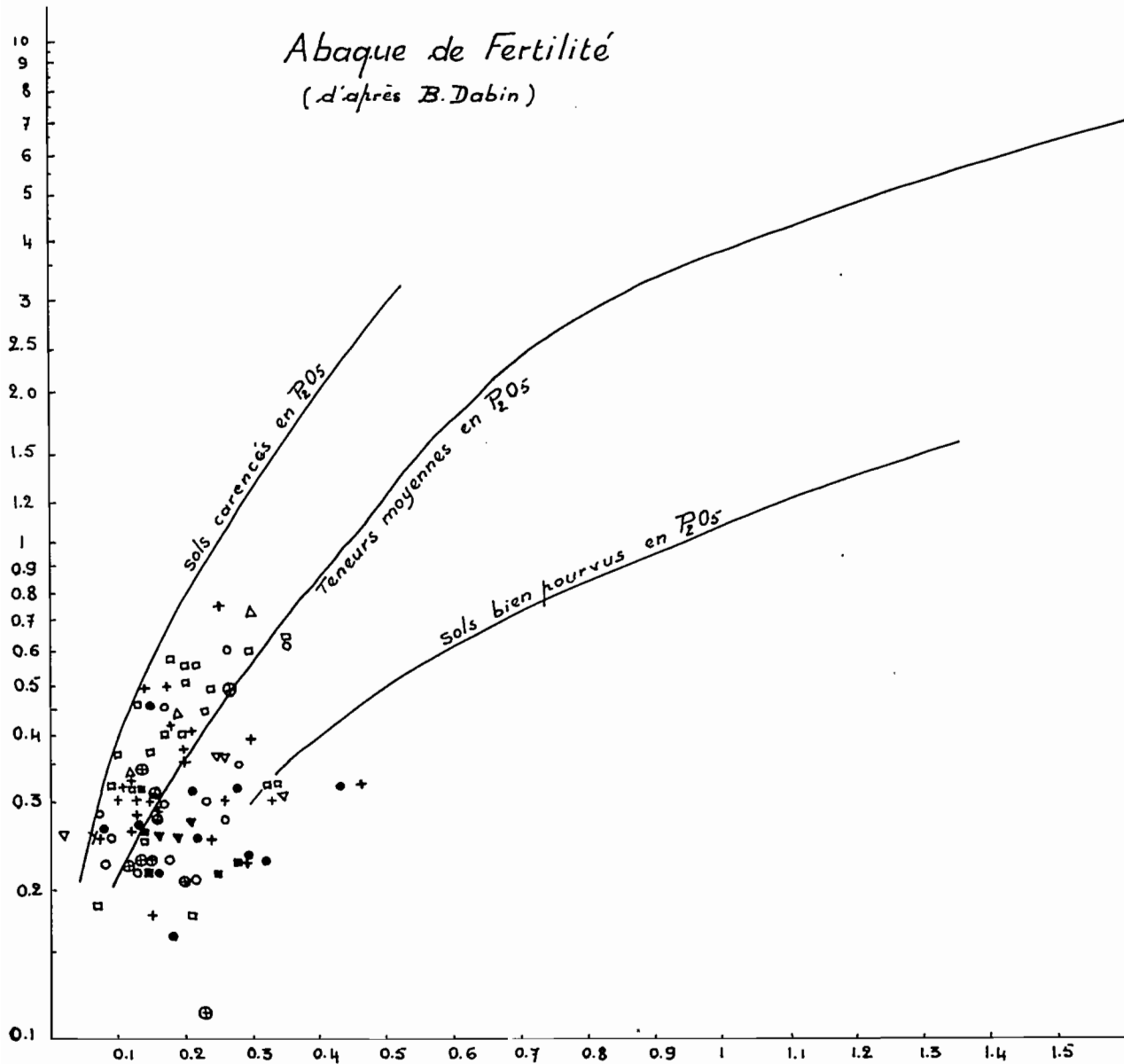
f.5. Les minéraux de réserves.

L'abondance de minéraux non altérés ou en voie d'altération dans les fractions sableuses (feldspaths orthose et microline et même de minéraux facilement altérables tels les plagioclases) est une garantie de bonnes réserves minérales.

g. La profondeur.

La profondeur du sol total peut être considérée, comme suffisante dans la plupart des cas, mais dans la série reposant sur carapace ancienne cette profondeur est souvent limitée à 70-50 cm valeur encore acceptable en zone tropicale semi-humide, mais qu'il faut préserver des effets de l'érosion, surtout que le sol repose sur carapace.

32. Pseudogley de profondeur à concrétions
sur arène granitique argilo-sableuse



Fertilité en fonction du pH

riz					cultures diverses				
7	6	5.5	5	4.5	7	6.5	6	5	4.5
Δ	+	●	◀	Y	Δ	■	⊕	◀	Y
exceptionnelle	exceptionnelle	exceptionnelle	exceptionnelle	très bon	exceptionnelle	exceptionnelle	exceptionnelle	très bon	bon
très bon	très bon	très bon	très bon	bon	très bon	très bon	très bon	bon	moyen
bon	exceptionnelle	bon	bon	moyen	bon	bon	bon	moyen	médiocre
moyen	très bon	bon	moyen	médiocre	très bon	bon	moyen	méd.	
bas	médiocre	moy.	médiocre		méd. moy	moyen	méd.		
médiocre	bon	bon			bas	bas	bas	bas	bas
bas	méd.	médiocre			bas	bas	bas	bas	bas
bas	bas	bas			bas	bas	bas	bas	bas
bas	bas	bas			bas	bas	bas	bas	bas

h. le drainage.

La déficience de drainage déjà nette en surface s'accroît en profondeur, mais il nous est difficile ici de juger d'une intensité d'hydromorphie avec l'imbrication des facteurs anciens et actuels.

4.2.2. Conclusion.

Au point de vue richesse chimique, c'est la pauvreté en azote et surtout en phosphore qui intervient pour limiter une fertilité que les autres éléments contribuent à maintenir moyenne dans l'ensemble. L'abaque de fertilité de B.DABIN montre que de nombreux horizons de surface ont des fertilités plus basses, cela vient de ce que nous avons porté les horizons A₂ (à pH plus bas) dans les horizons de surface. (graphique N° 32)

Mais cette fertilité en surface est sous la dépendance étroite des teneurs en matière organique. L'abaissement de ces teneurs qui se produira obligatoirement lors de la mise en culture, amènera une baisse rapide de la fertilité d'ensemble. Si la fumure N.P. s'impose donc dans ces sols, les apports de matière organique sont aussi impératifs pour maintenir le niveau de fertilité.

Au point de vue physique, la fertilité est mauvaise ou médiocre, le drainage est déficient. En culture rationnelle ces sols nécessiteront donc un travail du sol aussi profond que possible destiné à améliorer la structure mais les effets de ce travail seront peu stables s'il ne sont pas accompagnés d'un relèvement du taux de matière organique, cette dernière assurant une meilleure stabilité structurale.

Le mauvais drainage n'est pas trop prononcé en surface et il ne devrait pas interdire des cultures comme le coton si le travail du sol est fait correctement pour assurer un minimum de pénétration des racines. Le billonnage s'il y a lieu devra être pratiqué après labour, car le pivot de cotonnier devient fourchu dès qu'il dépasse la zone travaillée.

Ces sols pourront donc convenir au sorgho au coton et à l'arachide, ces trois cultures réalisant un assolement correct.

Dans tous les cas pour favoriser une bonne levée et une bonne végétation des plantules, un travail aussi profond que possible du sol est nécessaire.

Les pentes sont faibles dans ces sols mais leurs mauvaises caractéristiques physiques peuvent créer les conditions favorables à une érosion en nappe qui sera favorisée par ailleurs en de nombreux endroits par la présence de cuirasses ou de sols squelettiques sur cuirasse.

4.3. Fertilité de la série sableuse.

Les sols de cette série n'ont qu'une faible extension.

La différence essentielle avec les séries précédentes est la nature sableuse du profil jusqu'au niveau de concrétionnement.

Les teneurs en matière organique, en azote, en phosphore, en bases échangeables, le pH des horizons de surface, restent les mêmes que précédemment, mais la fertilité des horizons de profondeur diminue par abaissement de la somme des bases échangeables qui est faible, et aussi par une diminution du stock d'eau en profondeur. Mais ce dernier caractère ne doit pas avoir une grosse influence sous ce climat semi-humide.

La profondeur du sol est limitée par la présence d'un horizon essentiellement concrétionné ou même à carapace à moins de 60 cm, profondeur encore acceptable qu'il faut sauvegarder contre une ablation par l'érosion.

Grâce au climat suffisamment humide pour qu'on n'intervienne pas beaucoup le stock d'eau des horizons profonds, grâce à leur fertilité moyenne en surface et équivalente à celle de la famille précédente, ces sols peuvent avoir à peu près les mêmes utilisations que celle-ci, d'autant qu'ils sont en association avec elle, mais avec une nécessité plus impérieuse d'apports d'engrais organiques et minéraux pour maintenir une fertilité essentiellement due à la matière organique

4.4. Répartition et cartographie.

Ces sols se trouvent surtout dans le Bassin versant de la VOLTA ROUGE dont ils occupent la majeure partie à l'ouest de la ligne ZOURMA-KAMPALA. On les trouve aussi dans le Bassin versant de la VOLTA BLANCHE principalement dans les régions de SELLA, ZOURMA, ZOUNGOU et YAKALA.

Mais ils sont toujours en juxtaposition avec d'autres sols :

- sols à pseudogley de surface ou d'ensemble à concrétions (et taches) sur arène granitique argilosableuse dont ils ne^{se} différencient principalement que par leurs recouvrements plus épais.

- lithosols sur cuirasses ferrugineuses et granites.

5. Famille sur alluvions sabloargileuses à argilosableuses

Nous avons groupé dans cette famille des matériaux sabloargileux à argilosableux, plus ou moins limoneux, 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 argilosableuses de bas de pente de la famille précédente.

Nous distinguerons deux groupes de séries :

- les sols bien drainés en surface où l'hydromorphie peut n'apparaître qu'à grande profondeur.

- les sols mal drainés en surface.

5.1. Les sols bien drainés en surface.

Exemple de profil (V I2 à I, I Km de la route de OUAGADOUGOU--KAYA sur la piste de NOUNGOU-MANE) :

0 - 22 cm Horizon brun grisâtre E 63, humifère, sablolimoneux faiblement argileux à sables très fins, structure très peu développée débits par éclats à cohésion moyenne se réduisant en agrégats

particulaires, structure à tendance nuciforme autour des racines, en surface il existe une fine lamelle de battance, fine porosité tubulaire moyenne; quelques gravillons ferrugineux.

- 22 - 45 cm Horizon brun rougeâtre E 64, encore humifère, sabloargileux à sables très fins; structure peu développée; débits par éclats à cohésion moyenne à faible, se réduisant en polyèdres et en agrégats particuliers; nombreux et très fins agrégats grenus donnant une assez bonne porosité.
- 45 - 68 cm Horizon rouge jaune E 58, non humifère, sabloargileux plus argileux que précédemment à sables très fins; structure peu développée : débits par gros éclats polyédriques à cohésion moyenne se réduisant en polyèdres moyens à cohésion faible; présence de quelques éléments ferrugineux très durcis qui semblent être des concrétions.
- 68 - 103 cm Horizon ocre-jaune D 56, texture et structure identiques à celles du précédent, cohésion plus forte que précédemment quelques concrétions ferrugineuses rouille.
- 103 - 150cm horizon jaune D 58, à assez nombreuses concrétions rouille très durcies irrégulières et à taches beiges et ocre, ces dernières s'indurant en concrétions cassables, cohésion d'ensemble plus faible que précédemment, texture un peu plus argileuse; structure identique.

Le concrétionnement peut n'apparaître que vers 1m50 et peut être accompagné d'une accumulation calcaire

Le bon drainage de ces sols en surface leur confère une moindre teneur en matière organique par rapport à la famille précédente, mais cette matière organique est mieux évoluée, la somme des bases échangeables reste moyenne (3 à 4 méq pour 100 g de terre) le pH est dans l'ensemble faiblement acide en surface; le taux de saturation un plus bas que dans la famille précédente

se maintient semble-t-il à d'assez bonnes valeurs 60 à 70 %. La perméabilité s'améliore beaucoup et devient bonne; l'engorgement actuel de profondeur ne semble se produire que vers 1 m au plus.

Ces sols peuvent avoir les mêmes utilisations que ceux de la famille précédente, mais ils devraient convenir aussi aux spéculations fruitières quant aux types les mieux drainés sur une grande profondeur.

5.2. Les sols mal drainés en surface.

Le mauvais drainage de surface est assez identique à celui qui affecte les sols de la famille précédente.

Exemple de profil (MD 8 sur la piste piéton MANDIÉ VOLTA BLANCHE à 300 m de la VOLTA) :

- 0 - 15 cm : Horizon gris brun à brun gris, humifère, sablo-limoneux peu argileux à sables très fins, structure non développée; débits grossiers polyédriques à cohésion forte; porosité uniquement tubulaire variable faible à moyenne; moins humifère et moins brunâtre à la base.
- 15 - 48 cm : Horizon beige ocre à taches très imprécises plus ocre; texture identique, paraît peu ou pas humifère; structure non développée, débits par éclats à cohésion assez forte; horizon frais à aspect brunâtre lorsqu'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 avec quelques taches rouille parfois durcies en concrétions cassables, quelques petites taches noires, texture sablo-argileuse à argilo-sableuse à sables très fins; structure peu développée à faible tendance polyédrique grossier, porosité moyenne avec des veines d'origine biologique remplies de terre grisâtre.

Les caractéristiques de fertilité de ces sols sont les mêmes que celles de la famille précédente et ont été interprétées ensemble.

6. Famille sur argiles à gravillons ferrugineux et recouvrements

Ces sols n'ont été cartographiés que dans l'extrême Nord du Bassin versant de la VOLTA BLANCHE.

6.1. Morphologie.

Le matériau originel est ici une argile plus ou moins sableuse et plus ou moins riche en gravillons ferrugineux, recouverte par des apports récents sableux à sabloargileux et reposant parfois sur un matériau gravillonnaire en profondeur et sur la cuirasse ou la carapace ancienne. Mais ici l'importance du matériau gravillonnaire est relativement faible.

Exemple de profil (V 58 à 10 Km de la route de OUAGADOUGOU-KAYA sur la piste de NOUNGOU-MANE)

- 0 - 18 cm Horizon gris - Humifère - Texture sablo argileuse à sable très fins à la limite du limon - Structure prismatique large moyennement développée délimitée par de fines fentes de dessiccation verticales, s'affirmant mieux par endroit - 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 argilo-sableuse 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 argilo sableuse à sables très fins - structure polyédrique grossière à tendance prisma-

tique assez moyennement développée: les plaques débitées au piochon se réduisent facilement en polyèdres grossiers et même moyens - Cet horizon a un aspect nettement ségrégatif, il est mal drainé.

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 - 128cm : Horizon à taches rouille et rouges sur un fond ocre un peu clair - Quelques concrétions noires manganifères - Quelques fines taches blanchés - En profondeur, l'horizon est constitué de 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 du précédent - Nombreux gravillons ferrugineux - Cohésion d'ensemble moyenne à forte.

128-138 cm : Carapace ferrugineuse rouille à rouge cimentant essentiellement des gravillons ferrugineux et reposant à 138 cm sur la cuirasse à induration forte.

6.2. Fertilité.

Elle est assez identique à celle de la famille sur arène granitique argilosableuse, la seule différence est ici la fréquence d'une structure polyédrique moyenne à grossière en profondeur, mais elle n'est pas stable.

F.2.2. Pseudogloy à taches.

1. Famille sur argiles à recouvrements.

1.1. Morphologie.

Le matériau originel est une argile, très souvent à tendance verticale, dans lequel l'hydromorphie se manifeste par une ségrégation ferrugineuse par taches, mais aussi et surtout par le développement d'une structure polyédrique moyenne à grossière ou prismatique petite avec souvent des revêtements argileux et

des faces obliques patinées, ou parfois d'une structure prismatique moyenne à nette tendance à la plaquette à faces de décollement obliques patinées.

Exemple du profil (VRP 29 à 600 m de la VOLTA ROUGE sur la route de la VOLTA à PO) :

- 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 argilolimoneuse - 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 tendant 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 à revêtement 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 sous structure polyédrique petite assez bien développée - Faces à revêtement argileux, quelques faces obliques patinées avec des taches brun rouille - Argile à tendance verticale.

1.2. Répartition

Ces sols ont été cartographiés dans l'extrême Nord et dans la région au Sud-Ouest de WAYEN sur la rive gauche (Bassin versant de la VOLTA BLANCHE).

Ils sont développés sur des matériaux plus ou moins alluviaux.

1.3. Fertilité.

La texture est souvent argileuse dès la surface avec une structure prismatique large et une cohésion forte, mais il peut y avoir des recouvrements sabloargileux. La structure peut s'affiner dès le 2^o horizon ou seulement en profondeur.

Ces sols nécessitent dans tous les cas un travail du sol à cause des mauvaises caractéristiques physiques de surface

Au point de vue chimique, la somme des bases échangeables est moyenne à bonne mais la pauvreté en phosphore reste constante.

La profondeur est toujours suffisante. Dans leur état actuelle ces sols ne conviennent qu'au sorgho, mais avec un travail suffisant du sol accompagné d'une amélioration structurale par des apports de matière organique, ils pourraient probablement porter du coton.

Il faut veiller à la fumure N-P.

2. Famille sur alluvions diverses.

Cette famille comprend les alluvions sableuses, sablolimoneuses à limonosableuses, à pseudogley de profondeur à taches, elle occupe avec la famille identique à pseudogley d'ensemble à taches, les lambeaux de plaine alluviale dans lesquels les VOLTAS et leur affluents s'encaissent actuellement.

Ces sols ont donc la ^{même} fertilité et les mêmes utilisation que leurs homologues à pseudogley d'ensemble à taches, sur lesquels ils présentent l'avantage d'un drainage superficiel relativement meilleur mais encore le plus souvent imparfait.

Exemple de profil (VN 80 : plaine alluviale dominant la VOLTA BLANCHE à 7,4 Km de la piste NIAGO KAÏBO sur la piste boussole Sud partant du Km3 de la piste VOLTA BLANCHE NIAGO-KAÏBO) :

- 0 - 30 cm Horizon gris brun à brun gris, à taches à tendance plus ocre, humifère texture limoneuse à limonoargileuse - Structure prismatique large, se développant par des fentes de dessiccation verticales - Porosité tubulaire assez faible de taille variable.
- 30 - 64cm Brun jaune à brun rouge - Texture limono sablo argileux, encore humifère - Structure prismatique moins bien développée Cohésion forte - Porosité faible.
- 64 - 120 cm Horizon brun paraissant humifère à tache brun rouille - Texture limono argileuse - Structure prismatique peu développée - fines fentes de dessiccation - Cohésion moyenne à faible, tendance gousseuse au piochon - Nombreux pores tubulaires donnant une porosité assez faible cependant.
- 120- 200 cm Horizon à taches brunes et beiges - Texture limoneuse à limono sableuse à sables très fins - Structure peu développée - Cohésion forte - Porosité faible.

CHAPITRE III

CONCLUSIONS

A. CONCLUSION A L'ETUDE DES FAMILLE DE SOLS.

L'étude des familles de sols que nous avons effectuée au chapitre précédent permet de se faire une idée de la fertilité et de l'extension de chacune des familles de sols cartographiées.

Par leur extension et leur haut potentiel de fertilité deux familles de sols se détachent de l'ensemble :

- les vertisols lithomorphes sur argiles lourdes.
- les sols bruns eutrophes vertiques sur argile d'altération de schistes.

Malgré l'hétérogénéité constante de toutes les zones, les périmètres où dominent ces sols présentent un grand intérêt agronomique et justifient des études de détail permettant de les utiliser au mieux. Facilement repérables sur la carte ils couvrent principalement :

- sur la VOLTA BLANCHE les régions de ZABRÈ-YOREKO, GOGO, NIAOGO-KAÏBO, OUA-REGOU, WADA-NIANGADÉ, MOAKEN, GOUDRI, au Sud de WAYEN, à l'Ouest de GAONGO-BISSIRI, WAYEN.
- sur la VOLTA ROUGE les régions de ZABRÈ, ZIOU, GUENON, au Sud-Est de NOBÈRÈ

Une autre famille, celle des sols à pseudogley de profondeur à concrétions (et taches) qui correspond en première approximation à des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ou à carapace présentent un grand intérêt par son énorme extension et aussi par sa fertilité immédiate correcte, due essentiellement à sa position sous végétation naturelle.

La fertilité de ces sols baissera très rapidement en culture traditionnelle.

Par ailleurs, leur utilisation nécessite l'emploi de méthodes antiérosives. Il est donc préférable de les laisser sous forêt classée et cela d'au-

tant plus qu'ils constituent sur la VOLTA ROUGE de riches réserves de chasse.

Les alluvions n'ont malheureusement pas beaucoup d'extension et ne peuvent faire l'objet que de petites exploitations familiales.

B. LUTTE ANTIÉROSIVE.

Si dans une phase récente de leur histoire les Bassins versants des VOLTAS BLANCHE et ROUGE paraissent plutôt avoir été le siège de phénomènes de colmatage généralisés, l'énergique reprise d'érosion actuelle menace l'ensemble des sols et nous avons vu au chapitre de la climatologie que cette érosion peut être dans certains cas à l'échelle d'une génération.

Il conviendra donc d'essayer toujours d'adopter les mesures antiérosives praticables dans le cadre de l'exploitation.

La lutte antiérosive est en effet, un facteur essentiel de l'amélioration ou du maintien de la fertilité des sols.

La meilleure formule antiérosive à appliquer dans l'ensemble est la terrasse de diversion.

Pour des sols perméables comme les sols gravillonnaires et graveleux, on peut songer à la culture en billons isohypses, mais la perméabilité est très souvent limitée dans ces sols à assez faible profondeur et le billonnage devrait être complémentaire du terrassement, cependant de tels sols rentabiliseront très difficilement ces améliorations.

Au cas où pour des raisons financières et économiques on ne pourrait pas réaliser des terrasses de diversion on devrait au moins songer à la culture en bandes alternes même seulement transversales pour freiner le pouvoir érosif des eaux.

L'érosion en ravines d'origine géomorphologique, menace tous les fonds de vallée lorsqu'ils ne sont pas déjà transformés en ravins plus ou moins profonds et plus ou moins larges. Ce ravinement tend à se propager au moindre petits affluents et il faut alors l'enrayer.

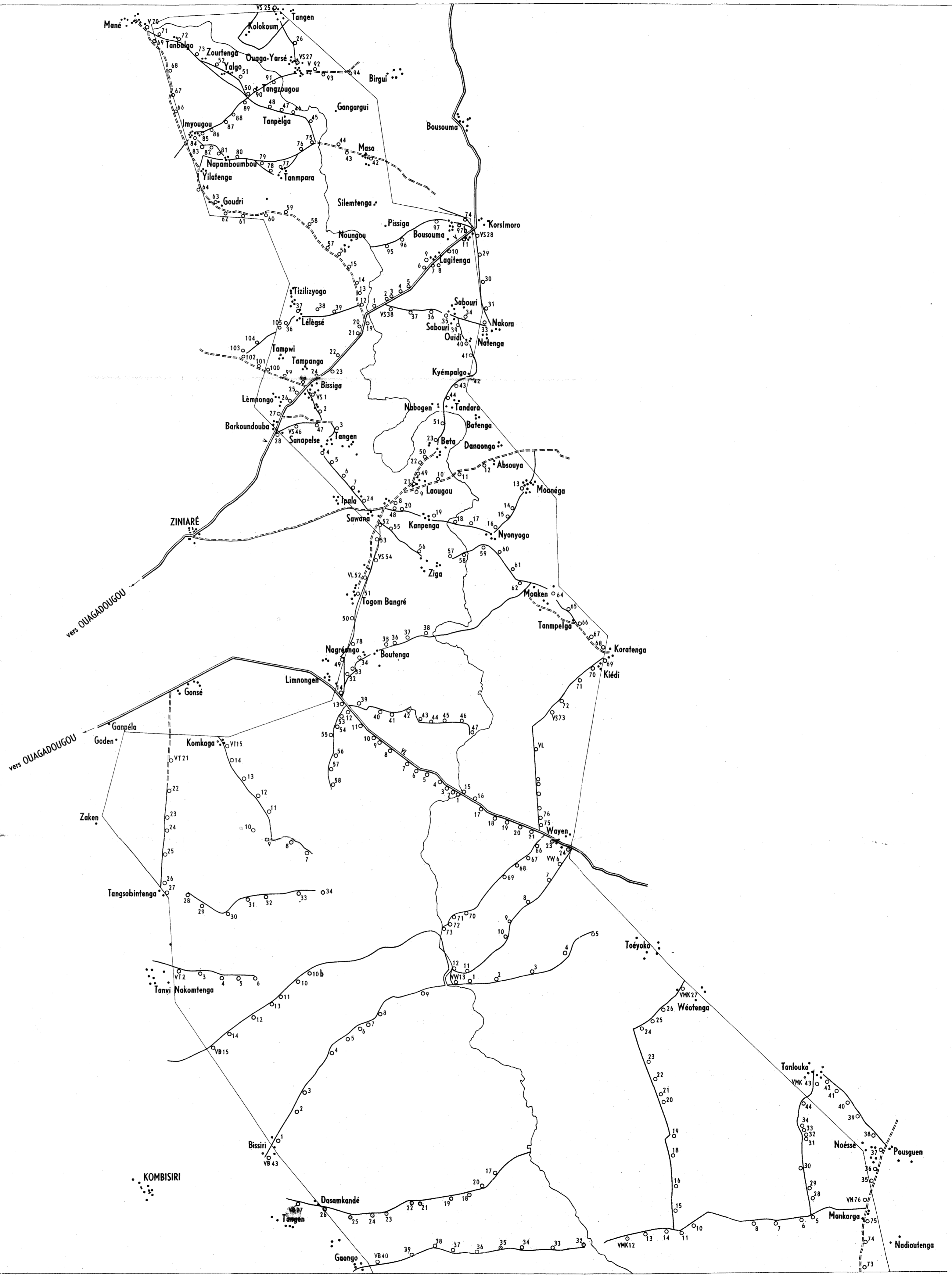
- B I B L I O G R A P H I E -

1. A.S.E.C.N.A. Direction de l'exploitation Météorologique.
Service Technique Régional Météorologique de l'O.A. - DAKAR-YOFF.
2. 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 inter-tropicales, leurs corrélations et leur interprétation. Class - Soils (63).31 - LOVANUM.
3. AUBREVILLE A. (1949) Climats, forêts et désertification de l'Afrique Tropicale Paris 1949 - Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales
4. 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.
5. BRAMMER H. Visit to Haute - Volta
Kumasi, Département of Soil and Land-Use Survey
6. DABIN B. (1961) Les facteurs de fertilité des sols des régions tropicales en culture irriguée.
Bull. Ass. Franc Sol (8) : 108-130 Août 1961.
7. DUCÉLLIER 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
8. DRESCH. J. (1953) Plaines Soudanaises.
Revue de Géomorphologie Dynamique N° 1 4ème année 1953 - p. 39
9. FOURNIER F. (1958) Etude de la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques -. Thèse -Paris 1958.
10. FURON R. (1960) Géologie de l'Afrique (Payot, Paris), 2è Edition
11. HENIN S., FEODOROFF A., GRAS R., MONNIER G. (1960).
Le Profil Cultural - Principes de Pysique du sol
Société d'Edition. des Ingénieurs Agricoles - PARIS.
12. HENIN S., MICHON X., GOBILLOT Th.
cités par FOURNIER F. (9)
13. LAMOTTE M., DAVEAU S., ROJGERIE G. (1962)
Cuirasses et chaînes birrimiennes en Haute-Volta
Ann. de Géographie LXXIè année N° 387 Spt. Oct. 1962 - p.460 -
14. LEBEVRE F., (1955) Les Sols de la Station I F A C du Palmier Dattier à KANKOSSA
KANKOSSA (Mauritanie)
II - L'Eau et le Sol.
Ann. I F A C - 1955 N° 13.

.../...

15. MAIGNIEN R. (1963) Les Sols Bruns Eutrophes Tropicaux
Sols Afr. Vol. III N° 3-Sept. Déc. 1963 - p. 485.
16. MAIGNIEN R. (1959) Les Sols de la Presqu'île du Cap-Vert
Centre de Pédologie de HANN - DAKAR.
17. 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.
18. SAGATZKY. J. (1947) Notice explicative sur la feuille Tenkodogo-Est.
Service de Géologie et de Prospection Minière - DAKAR.
19. VIGNERON J. et DESANNETTES J. R. (1958) Etablissement d'un indice de compacité.
Bull. A. F. Sols N° 4-Avril 1958.

Code Expolaire de A. CAILLIEUX et G. TAYLOR
Boubée (PARIS).



LOCALISATION DES PRINCIPALES AGGLOMÉRATIONS ET PISTES

SITUATION DES PROFILS

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

CENTRE DE RECHERCHES PÉDOLOGIQUES DE HANN-DAKAR

CARTE PÉDOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS DES VOLTAS ROUGE ET BLANCHE

Dressée par B. KALOGA.

5 Km 0 5 10 15 20 Km
ÉCHELLE 1/200 000

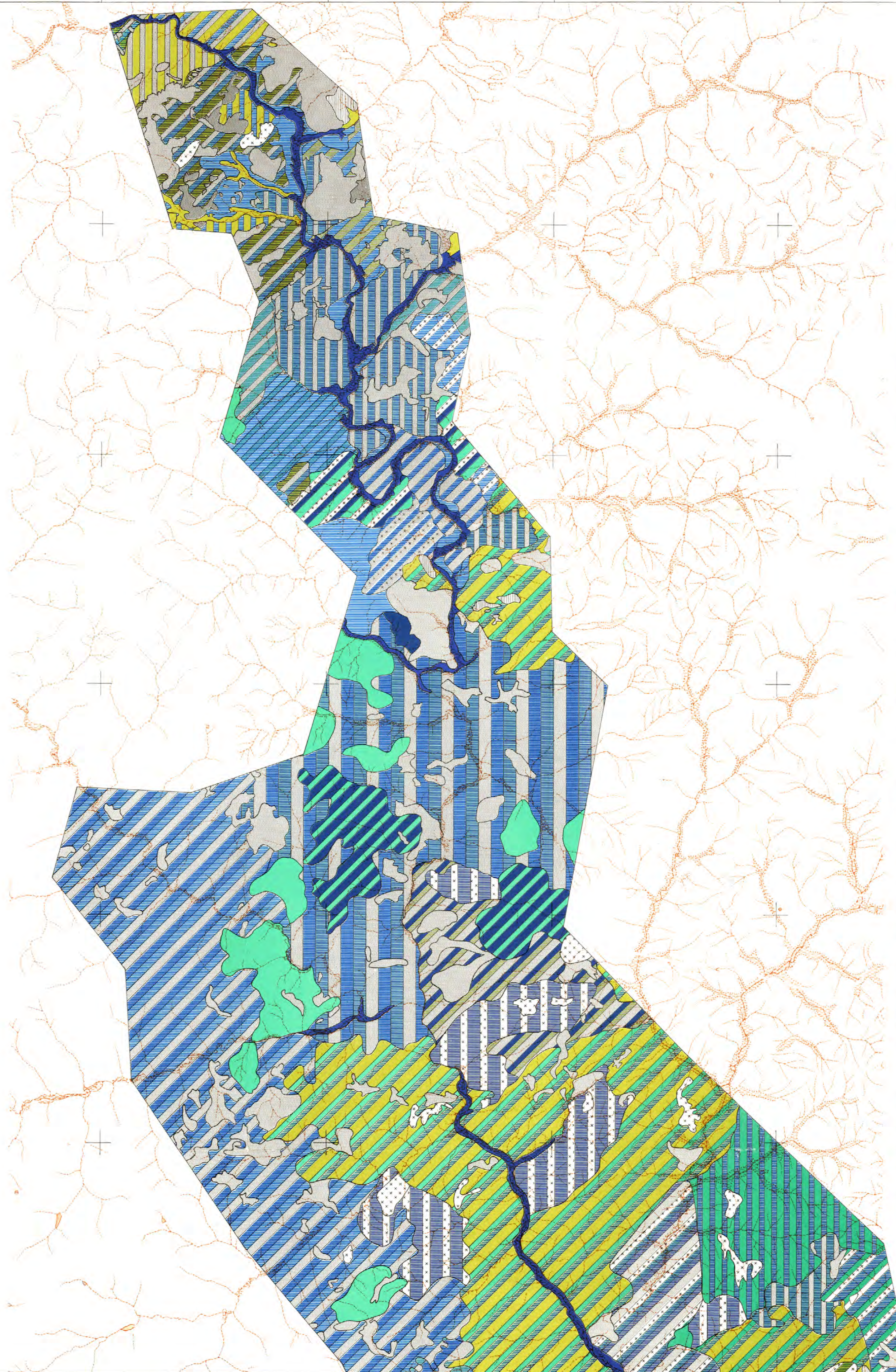
Dessinée au SERVICE CARTOGRAPHIQUE DE L'ORSTOM par G. ALBOUCO - 1964

LÉGENDE TOPOGRAPHIQUE

Flueves et rivières 1 - Barrage 2 - Chute
3 - Rapide
Cours d'eau à sec une partie de l'année
Zone inondable - Zone marécageuse
Puits - Citerne - Source - Réservoir
Lacs et mares permanents
Limite de zone humide
Sable humide et alluvions

RÉFÉRENCES

Cartes 1/200 000 et documents provinciaux I.G.N. N°:
NC-30-XXIII NC-30-XXIV ND-50-V ND-50-VI
Couvertures photo-aériennes I. G. N. 1:50 000 ND-50 et NC-50
Tableaux d'assemblage de photo-aériennes I.G.N. 1:200 000



LÉGENDE PÉDOLOGIQUE

SOLS MINÉRAUX BRUTS

SOLS MINÉRAUX BRUTS NON CLIMATIQUES
SOLS BRUTS D'ÉROSION OU SQUELETTIQUES

LITHOSOLS

- Famille sur cuirasse ferrugineuse I₁
- Famille sur grando-gréiss I₂
- Famille sur schistes et quartzites I₃
- Famille sur matériaux indifférenciés I₄

SOLS PEU ÉVOLUÉS

SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT
SOLS PEU ÉVOLUÉS BIEN DRAINÉS
FACIÉS INTERGRADE VERS LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

- Famille sur alluvions sableuses II₁
- SOLS PEU ÉVOLUÉS HYDROMORPHES
- Famille sur cailloux pegmatitiques II₂
- Famille sur sables et granites II₃
- Famille sur graviers schisteux II₄

VERTISOLS ET PARAVERTISOLS

VERTISOLS À PÉDOCLIMAT TRÈS HUMIDE PENDANT
DE LONGUES PÉRIODES
VERTISOLS HYDROMORPHES À STRUCTURE FINE EN SURFACE
MOYENNEMENT STRUCTURÉS

- Famille sur argiles lourdes III₁

VERTISOLS À PÉDOCLIMAT TEMPORAIREMENT HUMIDE
VERTISOLS LITHOMORPHES À STRUCTURE FINE EN SURFACE
MOYENNEMENT STRUCTURÉS

- Famille sur argiles lourdes III₂

SOLS À MULL

SOLS À MULL DES PAYS TROPICAUX
SOLS BRUNS EUTROPHES
SOLS BRUNS EUTROPHES VERTIQUES

- Famille sur argile d'altération de schistes VI₁

SOLS HALOMORPHES

SOLS À STRUCTURE MODIFIÉE
SOLS NON LESSIVÉS À ALCALIS
SOLS À FAIBLE TENEUR EN SELS SOLUBLES

- Famille sur argile finement sableuse IX₁
- Famille sur matériaux argilo-sableux IX₂

SOLS HYDROMORPHES

SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX
SOLS À HYDROMORPHIE DE SURFACE OU D'ENSEMBLE
PSEUDOGLY À TACHES

- Famille sur alluvions non différenciées X₁
- Famille sur argiles à recouvrements X₂
- PSEUDOGLY À CONCRÉTIONS ET TACHES
- Famille sur arène granitique argilo-sableuse X₃
- Famille sur arène granitique graveleuse X₄
- Famille sur argile vertique et gravillons ferrugineux X₅
- Famille sur gravillons et cailloux X₆

SOLS À PSEUDOGLY DE PROFONDEUR

PSEUDOGLY À CONCRÉTIONS ET TACHES

- Famille sur arène granitique graveleuse X₇
- Famille sur gravillons à recouvrements divers X₈
- Famille sur graviers et cailloux à recouvrements sableux X₉
- Famille sur arène granitique argilo-sableuse à recouvrements X₁₀
- Famille sur alluvions sablo-argileuses à argilo-sableuses X₁₁
- Famille sur argile à gravillons ferrugineux à recouvrements X₁₂

PSEUDOGLY À TACHES

- Famille sur argile à recouvrements X₁₃
- Famille sur alluvions diverses X₁₄

JUXTAPOSITIONS

PRÉDOMINANCE DE LITHOSOLS

- I₁ + X₅
- I₁ + X₅ + X₁₁
- I₂ + IX₁ + IX₂
- I₂ + X₁₀
- I₁ + I₂ + X₅
- I₂ + X₉
- I₂ + III₂
- I₂ + IX₂
- I₁ + X₅
- I₁ + X₅ + X₁₁
- I₁ + I₂ + X₈ + IX₂
- I₁ + I₂ + X₉ + IX₂
- I₂ + I₁ + X₆

PRÉDOMINANCE DE SOLS PEU ÉVOLUÉS

- II₂ + I₂ + I₁
- II₃ + I₂

PRÉDOMINANCE DE VERTISOLS

- III₁ + X₁
- III₂ + IX₁
- III₂ + I₂ + X₅
- III₂ + X₂ + I₂ + I₁
- III₂ + I₁ + X₂

PRÉDOMINANCE DE SOLS A MULL

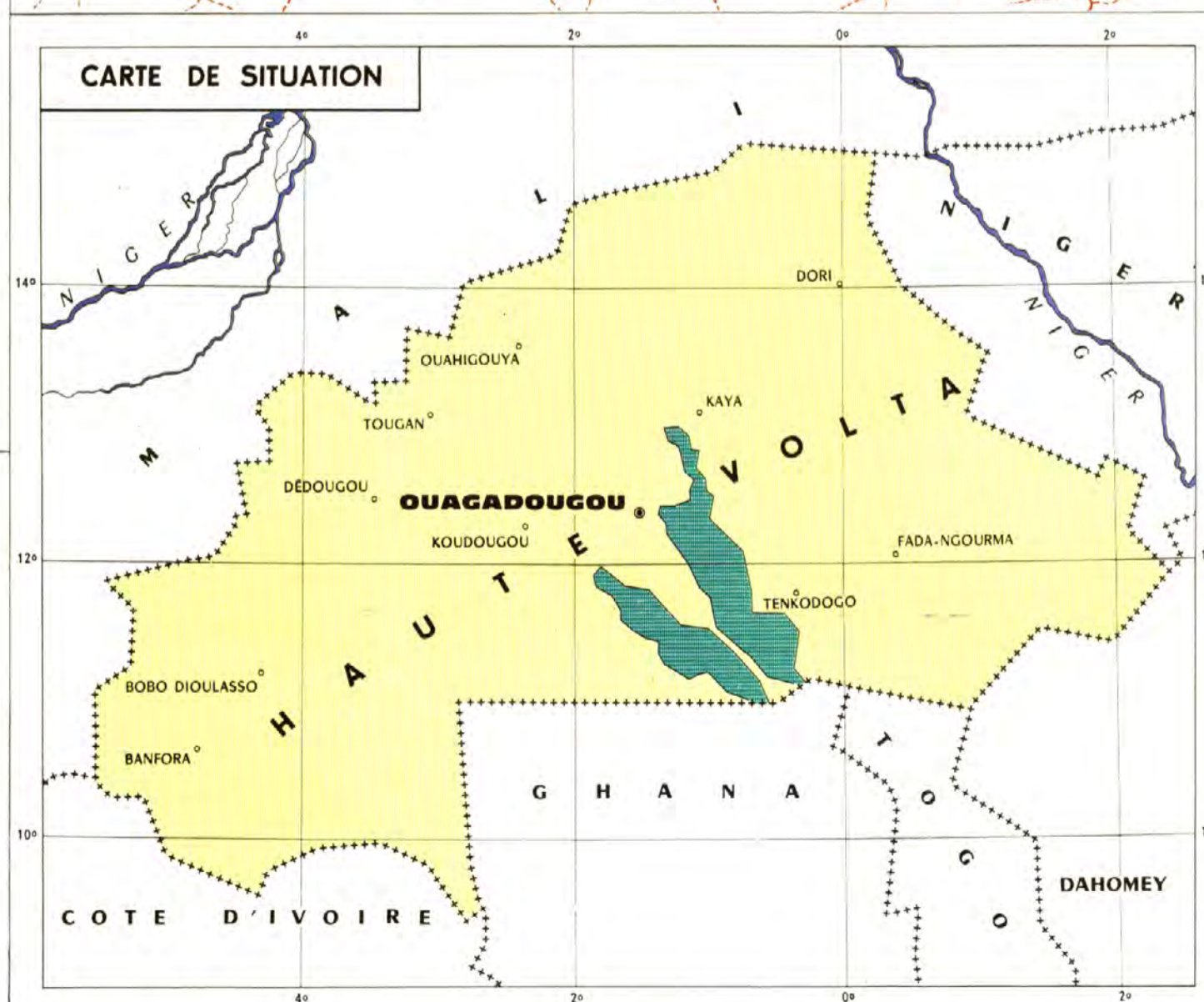
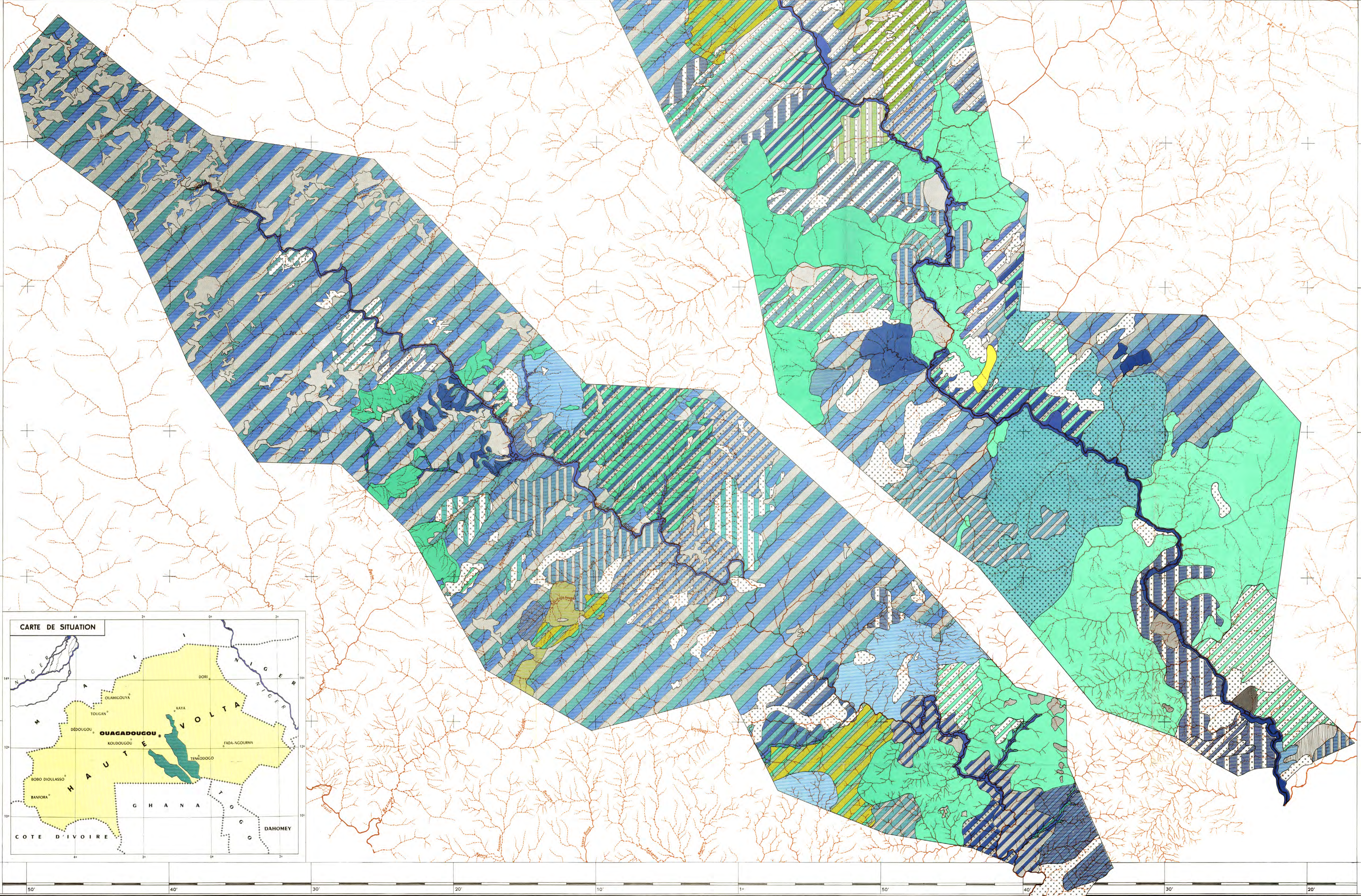
- VI₁ + I₁
- VI₁ + X₁₁
- VI₁ + X₁₁ + I₁
- VI₁ + III₂ + II₄

PRÉDOMINANCE DE SOLS HALOMORPHES

- IX₁ + III₂ + I₂
- IX₂ + I₂
- IX₂ + I₂ + X₅
- IX₂ + X₈
- IX₂ + X₅

PRÉDOMINANCE DE SOLS HYDROMORPHES

- X₁₁ + I₁
- X₁₀ + I₁
- X₁₀ + X₅ + I₁
- X₁₂ + I₁ + X₈
- X₉ + I₂
- X₅ + III₂
- X₅ + X₁₀
- X₅ + I₂ + I₁ + III₂
- X₅ + I₂ + I₁
- X₄ + I₂
- X₈ + I₁
- X₅ + X₈ + I₁
- X₄ + X₇
- X₁ + X₁₄



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

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

80, route d'Aulnay, BONDY (Seine)

Centre de Recherches Pédologiques

B. P. 1386 - Hann - Dakar (Rép. du Sénégal)
