

**CENTRE ORSTOM
DE
YAOUNDÉ**

**ÉTUDE DE SOLS HALOMORPHES
DU NORD-CAMEROUN (MAROUA)**

**TRANSFORMATION DES HARDES PAR SOUS-SOLAGE
ET CULTURE DU COTONNIER**

F. X. HUMBEL

Pédologue de l'ORSTOM

ETUDE DES SOLS HARDES
DE LA REGION DE MAROUA (NORD-CAMEROUN)

LEUR TRANSFORMATION PAR SOUS-SOLAGE ET CULTURE DU COTONNIER

par

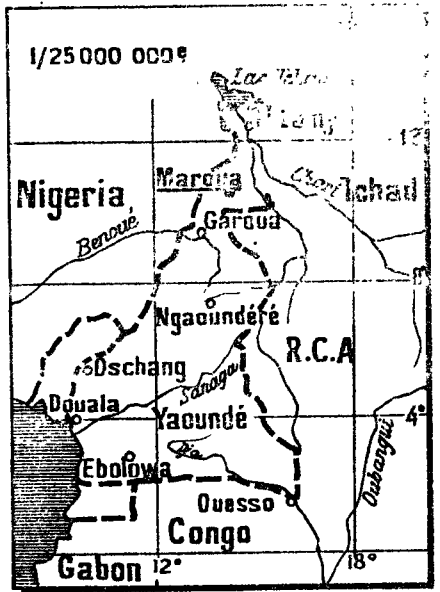
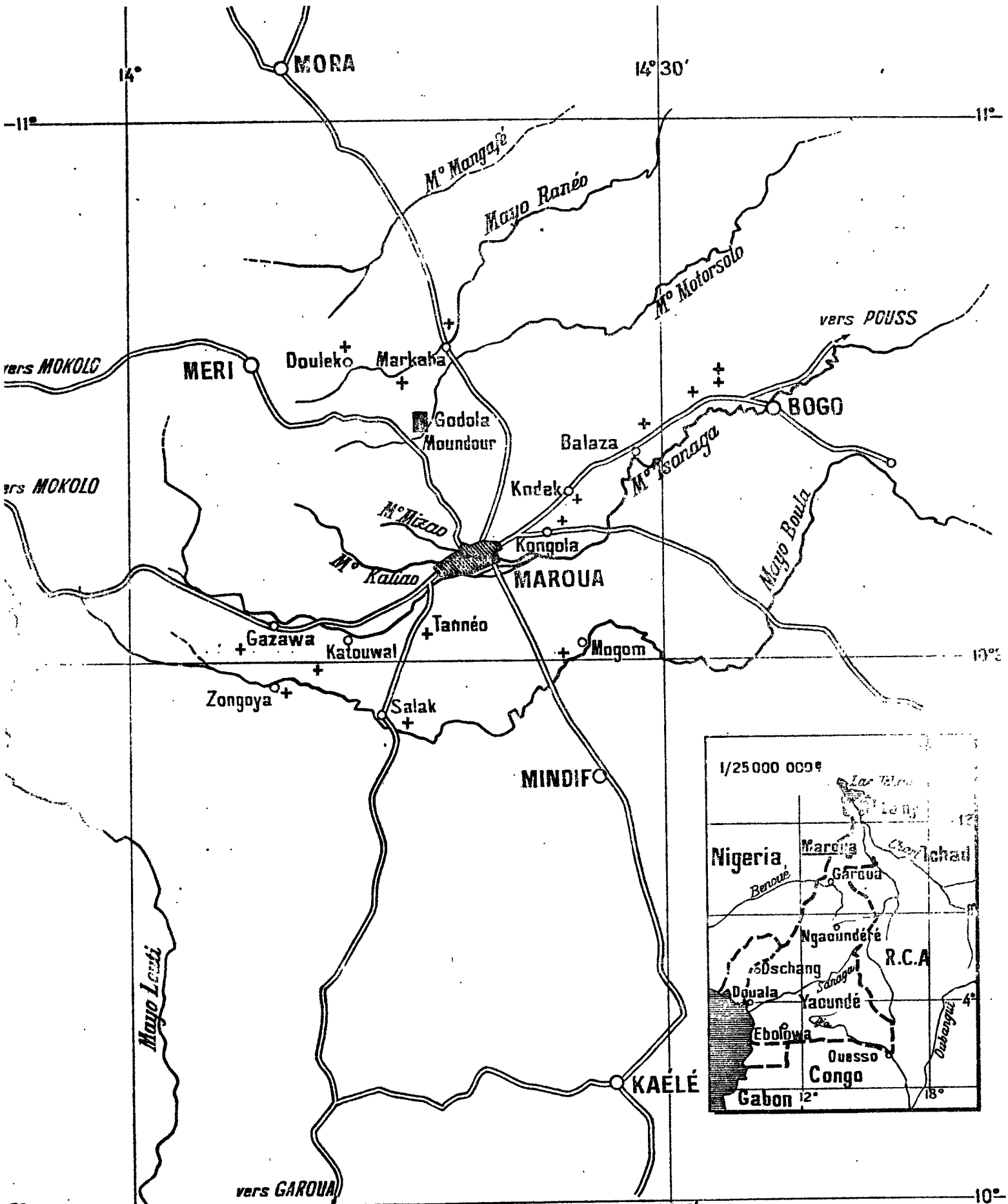
F.X. HUMBEL
Pédologue de l'ORSTOM

P. 146

MARS et AOUT 1964
NOVEMBRE 1965

TABLE DES MATIERES

- I.	Introduction	2
- II.	Climat	3
- III.	Morphologie Géologie	3
- IV	Les Sols	
- a/	Diversité des profils : Sols Halomorphes lessivés à alcalis :	7
- b/	Profils n° 8 et 19 - Solonetz Solodisés	8
- c/	Profil n° 6 sans colonettes	17
-	Profil n° 1 à structure prismatique	24
- d/	Relations entre ces sols - Classification ...	28
- e/	La cimentation	31
- f/	Comparaison avec les Solonetz du Tchad	32
- V.	Les enclaves d'autres sols :	
a/	Hardé de Moundour - Godola	34
b/	Hardé de Mogom	37
- VI.	Etude d'un cercle vif à centre arbustif	39
- VII.	Etude d'un cercle vif à centre termitique	45
- VIII.	Transformation des Hardés par sous-solage et culture du cotonnier	49
- IX.	Conclusion	60
- X.	Bibliographie	63



D'après carte I.G.N 1/500 000 MAROUA

0 5 10 15 20 25 km

■ Figure n° 2
+ Hardé étudié

Figure n° 1

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

Hardé est un terme fulfudé ; il désigne des terrains incultes, presque sans végétation ; on ne peut les mettre en valeur avec les outils traditionnels car ils sont trop durs.

Au Tchad ils sont appelés Naga.

Sur la carte pédologique de Maroua (bibliographie n° 4) ils ont été placés dans la classe des Sols Halomorphes ; ils occupent 5,7 % de la surface de cette carte.

Cette carte distingue aussi des sols gris tendant vers ces sols Halomorphes ; ils occupent de très grandes surfaces.

La région de Maroua est peuplée. Récupérer ces terres pour la culture devient utile. La C.F.D.T. et le SEMNORD (1) depuis 5 ans environ ouvrent ces sols avec une sous-soleuse et les plantent en coton. Les récoltes obtenues justifient pour l'instant cette opération coûteuse.

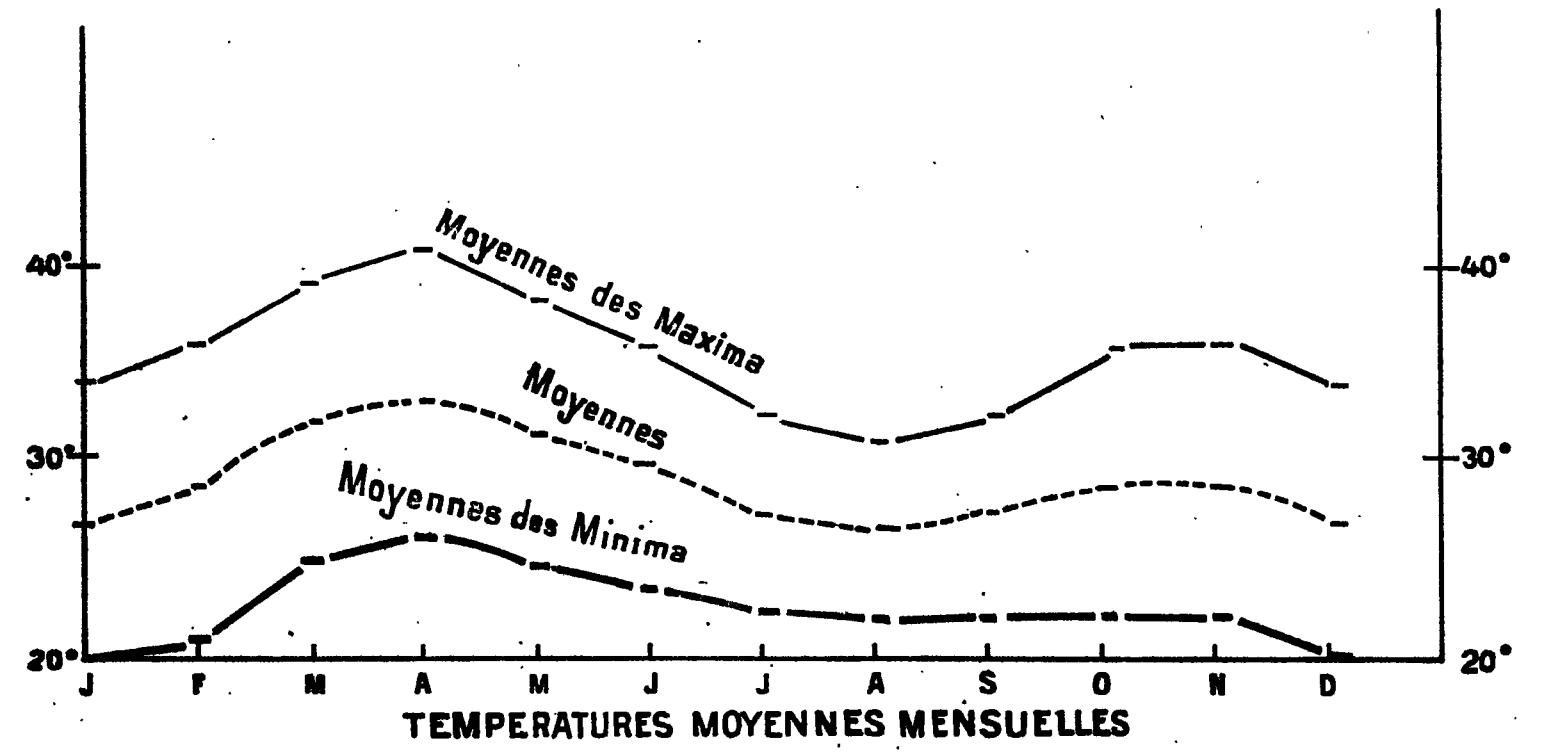
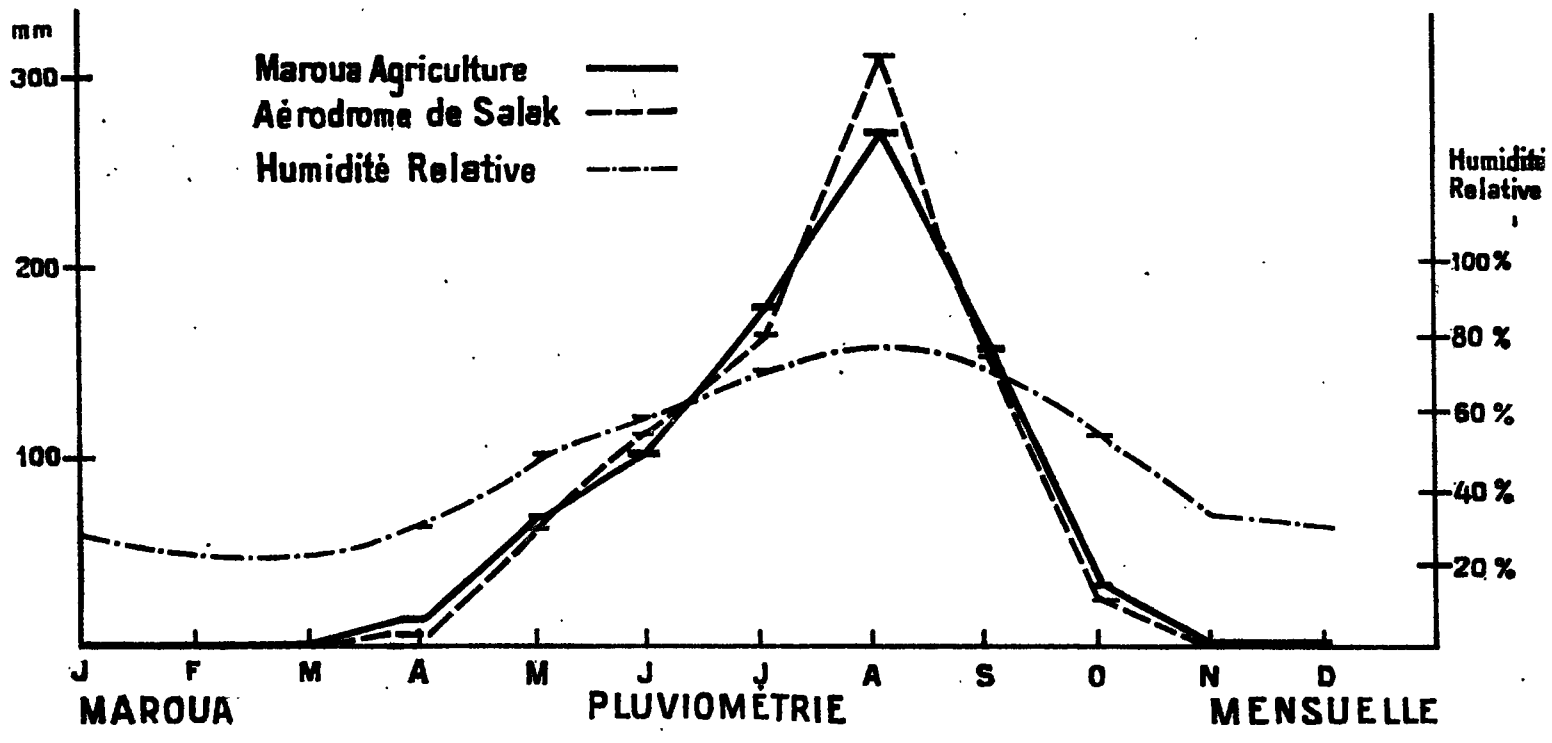
L'I.R.C.T. (2) effectue des essais.

Il est donc, intéressant de suivre ces sols depuis leur sous-solage. L'effet physique de cette pratique se maintient-il plusieurs années ? D'autres cultures conviendraient-elles ? Quelles sont les pratiques, peu coûteuses, qui entretiennent le mieux cet effet ?

De plus ces sols posent des problèmes scientifiques intéressants : Des sols comparables ont été étudiés au Tchad et rattachés aux sous-groupes des solonetz et solonetz solodisés. Ceux-ci ont-ils les mêmes caractères ? Quelle est l'origine de leur grande dureté ? Comment et pourquoi la végétation a-t-elle disparue de ces surfaces ?

(1) Compagnie Française pour le Développement des Textiles
Secteur de Modernisation du Nord.

(2) Institut de Recherches sur le Coton et les Textiles Tropicaux.



II - Climat

Nous disposons des indications climatiques de Maroua (Agriculture) et de l'aérodrome de Salak.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 845 mm (1946 à 51) dans le premier, de 804 mm (1931 à 40 et 1942 à 53) dans le second. A Kaélé elle est de 727 mm (1946 à 51).

Elle diminue vers l'Est : 750 mm à Yagoua et vers le Nord 557 mm à Fort-Foureau.

Elle augmente vers l'Ouest : 966 mm sur le plateau à Mokolo et vers le Sud-Ouest : 982 à Garoua.

Climat soudano-sahélien : une saison des pluies de Mai à Septembre avec maximum en Août (270 à 320 mm).

Longue saison sèche (7 mois).

La température moyenne annuelle est de 28°5. Un maximum marqué en Avril (33°), en fin de saison sèche.

Puis un refroidissement pluvial en Août ; un autre maximum en Octobre-Novembre après la saison des pluies. L'amplitude diurne est moins marquée en saison des pluies.

L'humidité relative dépasse 60 % en saison des pluies ; elle descend à 20 % en Février et Mars.

Les observations ont été faites en 1964 d'abord en fin de saison sèche puis dans la deuxième décennie d'Août. Cependant, cette année là il n'est tombé que 27 mm pendant la première décennie et pratiquement rien du 9 jusqu'aux observations ! De plus il n'était tombé que 300 mm depuis le début de la saison des pluies. Le sol n'avait donc reçu qu'un peu plus du tiers des précipitations annuelles au moment de l'étude.

Note : La pluviométrie a augmenté fortement ~~depuis ces mesures.~~
dans la dernière décennie

III/- Morphologie - Géologie

La plupart des Hardés étudiés sont situés en interfluves, entre deux mayos, sur des dômes très surbaissés ; dans les zones basses, on observe le passage à des vertisols.

Deux hardés ont été spécialement étudiés ; d'abord parce qu'ils sont abordables en saison des pluies.

- l'un, celui de Moundour-Godola à 20 km au NW de Maroua, parce qu'il est situé entre un massif granitique et une chaîne de roches vertes : de l'un à l'autre une séquence intéressante de sols s'y observe (voir figure n° 2).

- l'autre, celui de Mogom parce qu'il était inclu dans un affleurement très étendu de vertisols au SE de Maroua.

Il était en effet intéressant de voir si les hardés pouvaient se présenter sur des matériaux d'origine et de granulométrie différentes.

10 autres hardés ont été étudiés aussi, mais uniquement en saison sèche sauf 1. (Voir schéma de situation).

Il a été constaté que tous ces hardés se développaient en réalité sur des matériaux de granulométrie relativement constante :

Argile 30 à 40 %
Limon 10 à 15 %
Sable fin 50 à 40 %
Sable grossier 5 à 10 %
Graviers 0 à 5 %

de rares variations hors de ces limites s'observent : c'est la teneur en argile qui varie aux dépens des sables fins (le pourcentage de ceux-ci varie de 35 à 65 %). Mais chaque Hardé présente une granulométrie assez constante.

En particulier le Hardé de Moundour-Godola présente la même granulométrie que celui de Mogom. Là où elle est différente le sol change (enclaves de sols Ferrugineux tropicaux).

Un mètre d'un tel matériau peut suffire au développement d'un Hardé.

Tous les Hardés étudiés se développent à proximité de 4 mayos (Boula, Tsanaga, Motorsolo et Ranéo) qui proviennent de la même chaîne.

Quelle est l'origine de ces matériaux voisins :

Transgression lacustre ancienne ou alluvions de ces mayos ? à Moundour-Godola au pied-mont du massif granitique, sous le Hardé et en enclaves dans celui-ci on observe un matériau différent : plus riche en sables grossiers (25 %) et presque dépourvu de sodium. (Voir étude des enclaves).

Si donc ces matériaux ont tous deux une origine alluviale il faut admettre que cette sédimentation peut présenter des différences importantes de granulométrie et avoir emprunté dans un cas seulement aux roches sodiques des bassins versants.

Mais d'Ouest en Est l'altitude des Hardés étudiés va de 450 à 350 m.

IV - LES SOLS

a/ Diversité des profils : Les Sols Halomorphes lessivés à alcalis.

Sur un même hardé, à quelques mètres ou dizaines de mètres de distance on observe des profils différents ; chacun peut être rapproché d'un des trois types de sols décrits ci-après : profil 8 (et 19) profil 1 et profil 6.

Pour expliquer leurs relations il faut faire intervenir avec plus ou moins d'intensité trois processus :

- { l'érosion en nappe des horizons supérieurs
- { la solodisation
- { la carbonatation.

L'érosion en ravines intervient également et constitue un élément important du paysage. Le sol au fond de ces ravines n'a pas été étudié ici.

Parfois même le sol est totalement différent ; mais la végétation et l'aspect de la surface nous l'avaient fait soupçonner : c'est une enclave de sols Ferrugineux Tropicaux ou un chenal hydro-morphe dans le hardé.

Décrivons d'abord les sols rencontrés sur le hardé typique.

b/ PROFIL FH 8 : Solonetz Solodisés

- 1 - Situation : A 1 km à l'W de Mogom (latitude 10°30', longitude 14°25' E altitude vers 380 m) dôme très surbaissé entre le mayo Boula (1 km au S.) et un de ses courts affluents.

Surface presque horizontale, très plane, sans trace d'érosion en rigoles ;

le sol est nu entre des plages de guiera senegalensis légèrement en relief ; collets d'arbres et arbustes surélevés de 10 à 30 cms : érosion en nappe notable.

- Edifices termitiques ici et là, très peu actifs, souvent étalés en cônes par l'érosion.

- Pas de fentes de retrait.

Le trou, allongé, profond de 1,2 m, va du sol intact, ici décrit, à une parcelle qui a été sous-solée quelques semaines auparavant.

- 2 - Végétation : Beaux Tamarindus indica agés ; un faidherbia albida, repousses vertes de combretacés, bauhinia ; touffes de guiera formant des plages continues là où le sol est sableux sur plusieurs centimètres.

- 3 - Roche-Mère : Alluvions argilo-sableuses (37 % d'argile, 14 % de limon 45 % de sables fins, 3 % seulement de sables grossiers) - nodules calcaires et petites concrétions ferromanganiques noires supposées d'origine pédologique.

Prélèvement : 0 à 10 cm ; 10 à 20 ; 25 à 30 ; 40 à 50 ; 70 à 80 ; 100 à 110 ; 20 à 30 dans la partie sous-solée.

- 4 - Climat : climat tropical humide soudano-sahélien. Pluviométrie annuelle 800 mm en une seule saison des pluies de 5 mois (Mai à Septembre) ; longue saison sèche - température moyenne élevée 28°5. Conditions d'observation : Mars et Avril 64 donc au cours de la saison sèche.

- 5 - Description : Aspect général :

- Les 20 cm supérieurs, sableux, sont marqués par l'hydromorphie de surface ;

- à 27 ligne poudreuse blanche précédée de polyèdres poudreux.

- 30 à 90 horizon argileux, dur, à structure prismatique de plus en plus grossière et de moins en moins développée.
- 90 au fond - horizon structuré avec nodules calcaires et concrétions noires, marqué par l'hydromorphie.

- 0 à 10 cm - horizon gris clair (10 YR 7/2, 4/2 en humide), peu humifère
- Sableux fin, un peu argileux (15 %) et limoneux (15%)
 - Structure polyédrique peu développée, agrégats assez cohérents.
 - Plages gris blanchâtre et petites taches rouilles plus abondantes à la base - porosité tubulaire fine assez bonne.
 - Fines racines abondantes, bien réparties.
 - Petits graviers rubéfiés.

Horizon peu humifère - résidu incomplet ? de solodisation avec traces d'hydromorphie.

Passage peu net (hydromorphie).

- 10 à 20 cm - horizon brun plus ou moins foncé en plages distinctes (10 YR 7/3 à 5/3; 4/2 à l'état humide) et tâches rouilles plus vastes (10 mm).
- même texture.
 - Structure mieux développée, cohésion moindre des agrégats.
 - Porosité tubulaire moyenne plus développée.

Horizon résidu (incomplet ?) de solodisation, hydromorphie par engorgement de surface sur niveau imperméable.

Passage net (couleur, texture, structure).

- 20 à 27 cm - horizon blanc à gris clair (10 YR 7,5/2, 4,5/2 en humide)
- Sablo-argileux (60 % de sables fins)
 - Structure polyédrique fine bien développée, agrégats cohérents.
 - Sur-structure prismatique nette
 - La surface des agrégats est recouverte de sable, blanc, poudreux donnant la teinte de l'horizon, l'intérieur des agrégats, plus brun est marqué par des gaines rouille autour de certains pores.
 - Forte porosité tubulaire moyenne.
 - Nombreuses racines horizontales assez grosses.

Horizon en cours de solodisation par la surface des agrégats.

(Passage très net)

27 à 30 cm ligne poudreuse blanche sableuse ; s'excauant au passage du doigt ou même spontanément.

Il n'y a pas continuité des fentes de la structure prismatique de part et d'autre de cette ligne.

Plan actif de solodisation progressant vers le bas

(Passage très net)

30 à 90 cm Horizon brun 10 YR 5/3 ; 2,5 Y 5/2 à l'état humide

- Argilo-sableux (50 % de sables fins)
- Structure prismatique nette, fine de 30 à 40, tendance colonnaire peu marquée, puis grossière et difficile à développer de 40 à 60, massive ensuite coïncidant avec une porosité très faible.
- Sous structure polyédrique de moins en moins facile.
- Humectation difficile.
- Sonore, compact.

Petites concrétions noires abondantes à la base.

Horizon à gradient de structure, disparition de porosité. Préparation du matériau à la solodisation ?

Passage peu net.

90 à 120 cm Horizon brun jaune pâle, 10 YR 6/4 (2,5 Y 6/3 en humide), avec des taches rouille (10 YR 5/6).

- Argilo-sableux
- Structure polyédrique fine bien développée avec agrégats de cohésion moyenne à faces lissées.
- Humectation plus facile.
- Frais, bien moins compact.
- Mouchetage par des concrétions ferro-manganiques, noires (2 à 3 mm).
- Nodules calcaires, friables, ronds, de quelques mm.

Horizon d'accumulation des sesquioxydes et des carbonates.

6 - Conclusion : La solodisation de ces solonetz est nette, active, mais incomplète : le résidu, encore argileux est structuré, pas de colonnes nettes -
Questions (rapport de lessivage 2,5).

7 - Classification : classe : Halomorphe S.C. à structure modifiée
groupe : lessivé à alcalis S.G. Solonetz
solodisé famille sur alluvions argilo-sableuses
à sables fins. Série à hydromorphie de surface
et en profondeur faciès à solodisation incom-
plète.

8 - Effet du sous-solage : Peu d'action en dessous de 40 cm ; la
couche 0-40, déjà structurée, voit cette
structure se développer. Les fentes verticales
s'élargissent ; la discontinuité à 27 cms est
accentuée ; cette zone de faiblesse est marquée
par une rupture ; l'action en profondeur s'en
trouve atténuée.

9 - Autres profils - Caractères analytiques.

Nous disposons de 8 profils de ce type dont 4 sont analysés :

Il ne contiennent à peu près pas de carbonates dans le
premier mètre.

L'accumulation des sesquioxides commence à profondeur
variable ou ne s'observe pas.

L'horizon lessivé sableux est épais de 10 cm environ ;
l'indice de lessivage est de 2 à 3.

Ils sont plus riches en matière organique que les autres :
de 1 à 1,4 %.

Ils contiennent relativement peu de sodium échangeable
(moins de 2 méq.) ; c'est par leur teneur en magnésium échangeable
qu'ils entrent dans la classe halomorphe.

Le pH est acide (6 à 6,6) dans l'horizon lessivé, il
atteint 8,5 dans l'horizon argileux sous l'horizon A₂ blanchi.

Celui-ci est peu profond.

La structure prismatique s'observe fréquemment aussi au-
dessus du plan de solodisation. Leur horizon massif est réduit ou
absent.

La capacité d'échange rapportée à l'argile est de l'or-
dre de 60 méq/100g.

Ces sols sont très riches en magnésium total .

- 12 -
FICHE ANALYTIQUE

Solonetz Solodisé

O. R. S. T. O. M. - I. R. CAM
S^{on} de Pédologie YAOUNDE

TYPE
DE
SOL

N° PROFIL : FH 8
FX HUMBEL

N° Echantillon	80	81	82	83	84	85	86 (1)
Profondeur cm	0-10	10-20	25-30	40-50	70-80	100-110	20-30
Couleur ()							
Refus 2 mm %	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,0
Humidité %	6,5	2	2,9	5,7	5,7	6,5	4,8
CO ₂ Ca %	0	0	0	0	tr	0,23	0

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	15	20	24	37	35	36	35
Limon fin %	15	15	16	15	14	15	15
Limon grossier %							
Sable fin %	68	64	58	48	49	47	48
Sable grossier %	3	3	3	2	3	3	3

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	1,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	0,4
Carbone %	0,8	0,3	0,25	0,2	0,2	0,05	0,2
Azote ‰	0,6	0,3	0,26	0,24	0,2	0,1	0,27
C/N	15	11	10	8	11	5	8

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰	0,33	0,33	0,32	0,33	0,31	0,32	0,38
P ₂ O ₅ () ‰							

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium	5,6	7,2	7,6	14,0	15,8	19,5	10,6
Magnésium	19	10	13	19	21,8	26,4	24,5
Potassium	2,6	3,0	3,8	4,8	4,9	6,0	3,8
Sodium	0,4	0,6	0,9	1,6	1,4	1,7	1,2

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	4,1	5,8	5,6	12,6	15,3	17,4	8,3
Magnésium	2,6	3,1	2,6	3,8	3,9	6,6	5,5
Potassium	0,3	0,1	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
Sodium	0,2	0,4	0,5	0,9	0,9	1,5	0,8
S	7,2	9,3	8,9	17,8	20,6	26,1	15,0
T	8,6	10,0	11,5	18,8	20,3	21,8	16,6
S/T = V %	85	93	78	95			90

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	6,2	6,3	6,6	7,3	8,4	8,45	6,1
--------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos	2,7	7,8	6,4	16,1	32,5	34,7	8,7
Extrait sec. mg/100 g							

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %							
pF 3							
pF 4,2							
pF 2,5							
Eau utile %							
Instabilité structurale ls							
Perméabilité Kcm/h							

86 correspond à la parcelle sous-solée

() () ()

FH 19

- 1 - Situation : Hardé situé à 1 km au Nord de Balaza
Longitude 14°28' E, latitude 10°44' N, altitude
vers 350 m.
Vaste plateau, légèrement bombé.
Trou de 0,8 m à proximité de parcelles sous-solées
pour l'IRCT.
Champ de mil mouskouari avec diguettes de retenue
d'eau.
- 2 - Végétation : Chaumes de mil ; repousses de faidherbia albida ;
ziziphus.
- 3 - Roche-Mère : Alluvions sablo-argileuses ou argilo-sableuses
selon les points (65 % de sables fins).

Non prélevé : dans la parcelle sous-solée le profil FH 21 est
prélevé.

Climat : Voir FH 8

- 4 - Description : Aspect Général :

Profil de teinte uniforme brune mais poudrage
siliceux blanc sur 20 cms, provenant de la sur-
face.

La structure n'est jamais massive mais d'abord
cubique puis polyédrique.

L'enracinement est fin et relativement dense.

L'hydromorphie est accentuée par la pratique cul-
turale.

Peu de nodules calcaires ; quelques concrétions
noires.

En surface sables pulvérulents blancs en enduit et soupoudrage ;
fentes de retrait.

Résidu de solodisation et d'érosion

- 0 à 8 cm Horizon brun gris (10 YR 5/2)
Filaments rouilles (10 YR 5/8) nombreux et serrés,
gainant de fines radicelles.

Argilo-sableux.

Structure cubique (4x3x3 cm) moyennement développée, cubes très cohérents ; sous-structure polyédrique nette ; fentes en continuité avec celles de l'horizon sous-jacent.

Poudrage blanc de silice et enduit adhérent sur les faces des agrégats et des fentes de retrait.

La cohésion inter-agrégats est plus forte par endroits donnant des cubes plus gros mais le débit horizontal, lui, reste facile.

Porosité tubulaire très faible, inter-agrégats également les cubes étant exactement emboîtés.

Chevelu racidellaire dense, gainé de rouille :

Grosses concrétions noires (4 à 5 mm) fixées entre les cubes et surtout à leur base.

Horizon de solodisation mis à l'affleurement par l'érosion. Hydromorphie d'engorgement de surface accentué par la pratique culturale. Modification de la structure par mise à l'affleurement et type de culture.

Passage assez net.

8 à 20 cm Horizon brun-gris 2,5 Y 5/2 nettement moins marqué par l'hydromorphie ; même texture mais ici quelques petits graviers quartzeux. Structure polyédrique moyenne ; surstructure cubique (2x2x2cm) agrégats très cohérents. Porosité tubulaire très faible. Poudrage blanc sur les faces des prismes. Radicelles entourant les petits cubes ; non gainées de rouille.

Horizon de solodisation.

Passage net (structure).

20 à 50 cm Horizon de même teinte (2,5 Y 5/2) et texture (mais très peu de petits graviers quartzeux).

Structure peu développée : aspect massif mais tendance polyédrique fine ; agrégats très cohérents se débitant en polyédres plus fins.

Porosité tubulaire très faible.

Radicelles sur les faces d'agrégats.

Concrétions noires (2 à 4 mm) assez nombreuses.

Horizon d'accumulation de sesquioxides ; modification de la structure massive.

Passage peu net (structure).

à partir de 50 cm : même horizon mais structure polyédrique moyenne à fine plus développée.
Quelques petits nodules calcaires.
Début d'accumulation des carbonates.

- 5 - Conclusion : le poudrage et enduit blanc siliceux sur les faces de prismes fait penser à un sol du type FH 8 érodé jusqu'à l'horizon d'accumulation.

Modification de la structure initiale par : culture de mil, mise à l'affleurement de l'horizon prismatique, et l'inondation.

- 6 - Classification : Sol Halomorphe à structure modifiée.
Lessivé à alcalis Solonetz solodisé.
Famille sur alluvions argilo-sableuses à sables fins.
Série érodée jusqu'à l'horizon d'accumulation faciès modifié par pratique culturale.

O. R. S. T. O. M. - I. R. CAM S ^{on} de Pédologie YAOUNDE	TYPE DE SOI		N° PROFIL : IH 21 FX HUMBEL
--	-------------------	--	---------------------------------------

N° Echantillon	210	211	212	213
Profondeur cm	0-7	10-20	40-50	70-80
Couleur ()				
Refus 2 mm %	0,1	0	0,0	0
Humidité %	2,3	3,2	3,5	4,8
CO ₂ Ca %	0	0,2	0,64	0,44

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	15	20	23	24
Limon fin %	6	7	10	8
Limon grossier %				
Sable fin %	67	65	65	64
Sable grossier %	11	9	4	4

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,3	0,15		
Carbone %	0,17	0,09		
Azote ‰	0,39	0,28		
C/N	4	3		

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰	0,05	0,05		
P ₂ O ₅ () ‰				

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium	7,2	11,5		
Magnésium	12,5	7,2		
Potassium	2,3	2,5		
Sodium	1,6	2,3		

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	6,0	7,4	9,4	9,7
Magnésium	1,4	1,4	3,7	3,8
Potassium	0,4	0,5	0,2	0,1
Sodium	0,8	1,3	3,2	4,4
S	8,6	10,7	16,5	18,0
T	9,0	11,7	12,7	13,4
S/T = V %	95	91		

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	7,7	8,0	9,3	9,3
--------	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos				
Extrait sec. mg/100 g				

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %				
pF 3				
pF 4,2				
pF 2,5				
Eau utile %				
Instabilité structurale ls				
Perméabilité Kcm/h				

c/ Sols Halomorphes lessivés à alcalis sans colonettes :

1/ Profil FH 6 : (sans structure prismatique).

- 1 - Situation : à 300 m à l'E de FH 8 ; voir FH 8.
Le trou, profond de 1 m, est creusé à quelques mètres d'une parcelle sous-solée depuis 2 ans et plantée en coton (profil FH 7).
Sol nu, plan.
 - 2 - Végétation : quelques petites touffes espacées de graminées, un beau tamarindus indica ; rares repousses de balanites aegyptiaca.
à 100 m au NE on passe à une zone herbeuse puis à une zone couverte de repousses de faidherbia albida et de quelques rôniers : le sol présente d'ailleurs là des caractères différents (Voir FH 44, V b).
 - 3 - Roche-Mère - Climat : les mêmes qu'en FH 8
 - 4 - Prélèvements : 0 à 1 cm ; 1 à 10 ; 20 à 30 ; 40 à 50 ;
60 à 70 ; 90 à 100.
 - 5 - Description : Aspect général :
Sol gris brunâtre sous quelques millimètres de sable clair. Argilo-sableux dès quelques centimètres.
Structure polyédrique devenant massive de 30 à 70 (dur et compact) puis fondue et bien moins cohérent à partir de 70. Petites concrétions calcaires surtout de 30 à 70.
Concrétions noires petites augmentant nettement en profondeur.
- 0 à 1 cm En surface vernis noir desquamé, non continu, liant des sables ; empreintes de bovins.
Puis quelques millimètres de sable fin (brun très pâle 10 YR 7/3 ; 5/2 en humide) particulière avec des petits graviers quartzueux rubéfiés.
Quelques feldspaths peu altérés et des concrétions ferrugineuses remaniées.
- Résidu d'horizon lessivé

La surface de l'horizon 1 à 15 cm est bosselée.

- 1 à 15 cm Horizon brun gris 10 YR 4,5/2 sec et humide.
Argilo-sableux (50 % de sable fin).
Structure polyédrique passant à émoussée bien développée, moyenne à fine : agrégats cohérents ; utilisée par de fines racines.
Porosité tubulaire très faible mais quelques très gros pores (faune), espacés, que l'eau répandue en surface utilise pour pénétrer quelque peu - faible porosité inter-agrégats.
Cohésion d'ensemble faible.
Petits graviers ferruginisés.

Horizon lessivé faiblement et décarbonaté

Passage net.

- 15 à 30 cm Horizon gris 2,5 Y 5/2 (sec et humide).
Argilo-sableux.
Structure peu développée (polyédrique) passant à fondue ; agrégats cohérents.
Au bout de quelques jours des fentes de retrait, rapprochées, apparaissent : elles réalisent une forme de sur-structure prismatique avec composante horizontale vers 30 cm ; dur, massif ; imbibition difficile - porosité très faible.
Petites poches sableuses dues à la faune ;
Rares concrétions noires d'1 à 2 mm ; rares très petites concrétions calcaires à la base - quelques petits graviers.

Début d'accumulation des carbonates.

Passage peu net.

- 30 à 70 cm Horizon gris brun clair 2,5 Y 6/2 ; 5/2,5 en humide.
Argilo-sableux.
Structure massive, dur, compact mais après quelques jours des fentes de retrait descendent jusqu'au fond du trou ; pas de racines (une racine morte) porosité très faible.
Cavités dues à la faune.
Petites concrétions (noires ferromanganiques et calcaires) plus abondantes ainsi que les graviers ferruginisés.

Horizon à structure modifiée par alcalisation :
accumulation des carbonates et des sesquioxydes.

Passage assez net

70 cm (fond) Horizon brun pâle (10 YR 6/3 ; 5/3 humide) et gris (10 YR 5/1) par plages séparées distinctes avec des taches jaunes (10 YR 7/3) assez bien délimitées.

Argilo-sableux, plus argileux,
Structure fondue cohésion moindre (débit relativement
aisé) moins compact.
Nombreuses concrétions noires mais moins de graviers
et de nodules calcaires.

Horizon d'accumulation des sesquioxydes.

- 6 - Conclusion : La modification de la structure (horizon 30-70 cm) est nette mais le lessivage de l'argile apparaît limité au premier centimètre probablement par érosion (voir horizon 0-1). L'accumulation des carbonates commence haut dans le profil pour la même raison. Le gradient de structure au-dessus de l'horizon massif ne comporte pas le maillon prismatique.

L'érosion ou la carbonatation n'ont pas permis à la solodisation de marquer le profil comme en FH 8, : ni A2 blanchi ni colonnettes.

- 7 - Classification : Sol Halomorphe à structure modifiée lessivé à alcalis sans colonnettes (B structural).

- 8 - Action du sous-solage :

en saison sèche : FH 7

Le sous-solage a eu pour effet de développer une structure polyédrique qui progresse vers le bas dans l'horizon massif, le long de fentes qui pénètrent ici plus profondément que la lame de l'engin.

Cette structure est d'abord polyédrique fine à moyenne bien développée mais les agrégats apparus sont durs et très cohérents ; leur dessiccation est intense.

Elle est ensuite moyenne à grossière dans l'horizon massif où elle se propage moins loin des fentes ; ces dernières se ferment progressivement vers le bas après un tracé plus ou moins oblique.

Une certaine porosité tubulaire semble se développer ; les racines de taille moyenne, peu aplaties, sont nombreuses dans la partie structurée où elles utilisent les fentes. On trouve aussi de fines racines éparses dans les secteurs massifs.

Vers 1 m commence une zone fraîche.

Le sous-solage a donc développé une structure potentielle, même un peu dans l'horizon massif ; elle semble se maintenir mais les agrégats sont très durs.

Les analyses ne font apparaître aucune différence intéressante avec le profil intact FH 6.

en saison des pluies :

La pénétration de l'humidité atteint 40 ou 50 cms sous les creux de billon ; un peu plus à l'intersection avec les lignes de sous-solage ; ailleurs elle n'est que de 20 cm ; l'humidité maximum s'observe vers 30 cms.

Structure : les fentes qui traduisaient, en surface, les lignes de sous-solage n'apparaissent plus. La structure est bien développée (de taille plus régulière qu'en saison sèche) polyédrique dans toute la zone imprégnée par l'eau qui se laisse abattre en 2 ou 3 coups de piochon ; en dessous structure potentielle plus fine polyédrique ; à cette époque (fin Août) les racines des cotonniers n'ont prospecté que les 20 à 40 premiers centimètres humides.

9 - Autres Profils - Caractères analytiques.

Nous disposons de 10 profils de ce type dont 8 analysés.

Ils contiennent presque tous des carbonates, à profondeur variable mais souvent dès 15 ou 20 cms ; on observe fréquemment un maximum vers 80 - 100 cm.

Dans beaucoup on observe une accumulation de sesquioxides (concrétions noires ferromanganiques) débutant haut dans le profil.

L'horizon lessivé est peu épais (1 à 7 cm) ; l'indice de lessivage est souvent supérieur à 3.

Leur teneur en matière organique ne dépasse pas 0,7 % dans l'horizon supérieur ; C/N de l'ordre de 10, souvent inférieur.

Le pH est acide dans l'horizon lessivé (6 à 7) mais supérieur à 8 (et dépassant souvent 9) dans l'horizon d'accumulation des carbonates. La montée est rapide.

La capacité d'échange rapportée à l'argile est aussi de l'ordre de 60 méq/100g.

Ils comportent tous un horizon massif épais, allant de la profondeur 30 cm à 80 cm environ. Ils contiennent dans cet horizon une teneur en sodium échangeable approchant ou dépassant largement 12 % de la capacité d'échange. De plus ils contiennent beaucoup de magnésium échangeable.

FICHE ANALYTIQUE

- 22 -

O. R. S. T. O. M. - I. R. CAM S ^{on} de Pédologie YAOUNDE	TYPE DE SOL		N° PROFIL : FH 6 FX HUMBEL
--	-------------------	--	--------------------------------------

N° Echantillon	60	61	62	63	64	65
Profondeur cm	0-1	1-10	20-30	40-50	60-70	90-100
Couleur ()						
Refus 2 mm %	1,6	0,3	0,9	3,0	1,3	1,8
Humidité %	2,0	4,8	5,7	5,7	6,5	6,5
CO ₂ Ca %	0	0	1,6	1,25	2,0	2,2

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	11	31	35	37	37	40
Limon fin %	9	12	12	12	13	13
Limon grossier %						
Sable fin %	65	49	44	43	45	44
Sable grossier %	16	11	9	9	7	5

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,5	0,7	0,3	0,2	0,2	
Carbone %	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	
Azote %/100	0,3	0,4	0,2	0,2	0,16	
C/N	9	10	9	6	7	

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total %/100	0,33	0,33	0,33	0,33	0,26	0,33
P ₂ O ₅ () %/100						

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium	8,7	12,8	37,3	33,2	32	32,8
Magnésium	8,2	19,7	24,8	18	14	17,2
Potassium	2,8	3,8	3,6	3,6	3	4,4
Sodium	0	2,2	3,6	3,2	3	3,6

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	3,3	10,5	20,7	17,2	17,6	23,8
Magnésium	1,9	6,3	8,2	12,3	9,9	12,7
Potassium	0,3	0,7	0,2	0,3	0,3	0,3
Sodium	0,3	1,2	2,8	2,6	3,0	3,3
S	5,8	18,7	31,9	32,4	30,8	45,1
T	6,2	19,3	21,8	22,5	22,5	23,9
S/T - V %	95	97				

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	7,3	8,6	9,3	9,0	9,1	9,1
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos		28,3	104,6	88,3	97,4	117
Extrait sec. mg/100 g						

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %						
pF 3						
pF 4,2						
pF 2,5						
Eau utile %						
Instabilité structurale ls						
Perméabilité Kcm/h						

000

FICHE ANALYTIQUE

O. P. S. T. O. M. - I. R. CAM

Centre de Pédologie YAOUNDÉ

**TYPE
DE
SOL**

Sous-solé

**N° PROFIL : IH 7
FX HUMBEL**

N° Echantillon	71	72	73	74	75
Profondeur cm	0-10	20-30	40-50	60-70	90-100
Couleur ()					
Refus 2 mm %	0,1	0	0,3	0,1	0,5
Humidité %	4,1	6,5	5,7	6,5	6,5
CO ₂ Ca %	0	0,6	1,4	1,2	0,6

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	29	34	36	33	38
Limon fin %	13	15	14	14	16
Limon grossier %					
Sable fin %	48	42	43	45	43
Sable grossier %	12	10	9	9	5

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org totale %	0,6	0,3			
Carbone %	0,35	0,17			
Azote ‰		0,19			
C/N		9			

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰		0,07			
P ₂ O ₅ () ‰					

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium					
Magnésium		29,2			
Potassium		3,6			
Sodium		2,4			

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	9,2	15,5	18,4	16,4	16,4
Magnésium	6,6	7,3	7,4	6,6	9,0
Potassium	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Sodium	1,2	2,3	2,3	2,1	2,7
S	17,3	25,3	28,4	25,3	28,4
T	17,2	22,3	22,0	20,9	23,3
S/T = V %					

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	8,4	9,2	9,4	9,2	9,1
--------	-----	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos		56,0	72,9	82,4	122,9
Extrait sec. mg/100 g					

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %					
pF 3					
pF 4,2					
pF 2,5					
Eau utile %					
Instabilité structurale ls					
Perméabilité Kcm/h					

2/ Profil FH 1 (avec structure prismatique).

1 - Hardé situé à 2,5 km au N. de Doulek

Longitude 14°10' E latitude 10°47' N altitude vers 440 m
col entre mayo Mangafé et mayo Ranéo.

Faible pente vers SE (1 %) allant à une entaille d'érosion.

- quelques édifices termitiques peu actifs.

- Action manifeste d'un vent dominant : lignes festonnées de cendres accrochées de place en place à des touffes ; empreintes de bovins remplies de sables roux, de cendres ou de graviers ferruginisés, groupements d'arbustes "sous le vent" des restes termitiques, collets retenant sables et débris végétaux.

Parcelle sous-solée à proximité.

Surface du sol très plane.

2 - Végétation : Plages nues et plages graminéennes en petites touffes (schoenfeldia gracilis etc.) ou arbustes espacés de 1 à 5 m (ziziphus, combretacés, guiera sénégaleensis, bauhinia etc.)

Dans la zone ravinée à 60 m de là : des arbres : anogeissus leiocarpus, balanites aegyptiaca, acacia hedecladoïdes et seyal, nombreux ; un boswellia dalzielli ; des lannea humilis.

Roche-Mère : Alluvions argilo-sableuses (45 % de sables fins) empruntées aux massifs granitiques voisins ?

Climat : Voir FH 8

Prélèvements : Voir fiche analytique.

4) Description : Aspect général :

- Sol gris-brun sous quelques millimètres de sable blanc
- Argilo-sableux dès 3 cm.
- Séparation horizontale à 40 cm marquée de gros nodules calcaires.
- au dessus : structure prismatique devenant polyédrique à la partie supérieure sous 3 cm lamellaires.
- en dessous structure massive avec nombreux très petits nodules.

En surface vernis noir squameux.
Puis 5 mm de sable clair (10 YR 7/2) à structure lamellaire et nombreux vésicules.

0 à 3 cm Horizon brun gris 2,5 Y 5/2 ; 10 YR 4/2 en humide.
Sablo-argileux ; nombreux graviers rubéfiés.
Structure lamellaire peu développée : cohésion d'ensemble.
Bonne porosité tubulaire.

Horizon lessivé, érodé, peu humide

Passage net de texture, structure.

3 à 10 cm Horizon de même teinte
Argilo-sableux (sables fins)
Structure polyédrique moyenne à surstructure prismatique de plus en plus développée ; tendance cubique par débit horizontal facile.
Quelques taches rouilles d'hydromorphie.
Cet horizon est réduit sur les plages stériles mais peut atteindre 20 cm sous un arbuste.

Transformation de la partie supérieure des prismes (relation avec la végétation).

Passage progressif (structure).

10 à 40 cm Horizon de même teinte et texture
Structure prismatique : prismes élargis à la base, (de 20 à 30 cms de hauteur 10 à 15 cm de diamètre) sous structure cubique inégalement développée ; de 20 à 40 cm, par places, les faces verticales des prismes sont recouvertes d'un enduit noir.

Horizon ?

à 40 fente horizontale continue donnant un plan de séparation avec nombreux nodules calcaires, de quelques centimètres, gris noir à cortex jaune-rouille.

Plan de remontée des carbonates.

40 à 120 cm Horizon gris brun clair (2,5 Y 6/2 ; 10 YR 4/2 , en humide).
Argilo-sableux ; nombreux graviers de quartz ferruginisés.
Structure massive (pas de structure prismatique)
Quelques fentes de retrait.

Frais, compact, dur : le piochon ne détache que des éclats. Petits nodules calcaires (quelques mm) assez nombreux pour que l'horizon paraisse faire effervescence au clH dans son ensemble. Ils sont plus petits et moins nombreux vers le bas.

- Rares petites concrétions noires (ferro-manganiques ?) de 2 mm en moyenne.

Horizon d'accumulation des carbonates ; structure modifiée ; début d'accumulation de sesquioxides.

5 - Conclusion : Le lessivage de l'argile est peu prononcé (rapport de lessivage : 1,3) et l'horizon lessivé partiellement érodé.

Le gradient de structure est comparable à celui des autres types de sols (FH 6 et 8 etc) mais la tendance horizontale plus marquée et l'apparition des carbonates brutale.

Une structure fine apparaît à la partie supérieure aux dépens des prismes ; la relation avec la végétation est nette.

6 - Classification : Sol Holomorphe à structure modifiée lessivé à alcali à structure prismatique.

7 - Autres Profils - Caractères analytiques.

Nous disposons de 5 profils de ce type (4 analysés). Sauf le profil 1 ils ne comportent pas d'horizon massif. L'horizon lessivé est réduit et l'indice de lessivage est faible 1,2 à 1,6 (érosion éolienne et en nappe probable). Donc la structure prismatique apparaît haut dans le profil.

Ils contiennent peu de sodium échangeable (moins de 2 méq) mais une proportion importante de magnésium.

Carbonates, sesquioxides, pH, matière organique capacité d'échange : même caractère que ceux du précédent type.

FICHE ANALYTIQUE

- 27 -

O. R. S. T. O. M. - I. R. CAM

Son de Pédologie YAOUNDÉ

TYPE
DE
SOL

N° PROFIL : IH 1
FX HUMBEL

N° Echantillon	10	11	12	13	14
Profondeur cm	0-3	3-10	30-40	40-50	100-110
Couleur ()					
Refus 2 mm %	3,1	3,3	3,7	3,9	1,8
Humidité %	2,9	5,7	7,4	6,5	8,2
CO ₂ Ca %	0	0,2	0,5	0,7	1,8

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	26	34	35	37	35
Limon fin %	12	13	15	12	15
Limon grossier %					
Sable fin %	50	45	44	45	45
Sable grossier %	13	10	8	7	7

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	1,3	1,1	0,4		
Carbone %	0,74	0,6	0,23		
Azote ‰	0,90	0,6	0,37		
C/N	8	10	6		

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰		0,28	0,23	0,28	0,28
P ₂ O ₅ () ‰					

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium		20,8	24,2	24,3	37,9
Magnésium		18,2	19,4	31,4	19,6
Potassium		1,8	2,4	2,9	2
Sodium		1,0	0,4	0,9	1,7

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	11,3	15,9	22,2	23,5	24,7
Magnésium	2,8	4,6	3,4	3,3	6,0
Potassium	1,5	1,7	0,1	0,1	0,4
Sodium	0,7	0,7	tr	tr	0,1
S	16,3	22,8	25,8	26,9	34,3
T	16,7	22	24,4	23,4	23,3
S/T = V %	98				

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	6,1	5,9	7,7	7,9	8,7
--------	-----	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos	36,6	8,6	28,3	40,6	30,3
Extrait sec. mg/100 g					

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %					
pF 3					
pF 4,2					
pF 2,5					
Eau utile %					
Instabilité structurale ls					
Perméabilité Kcm/h					

d) Relations entre ces trois types de sols :

1/ Erosion : l'horizon supérieur, lessivé, malgré sa cohésion est exposé à l'érosion en nappe : surface très plane, rareté de la végétation, régime de pluies, imperméabilité, préparation du matériau par abrasion éolienne en saison sèche.

L'érosion peut aller jusqu'aux colonettes du solonetz-solodisé : c'est le cas du profil 19 (c'est alors qu'on observe des fissures en surface). Cette mise à l'affleurement entraîne des modifications de la structure.

Mais le plus souvent il reste quelques millimètres de sables particuliers grossiers.

Cette érosion n'est jamais uniforme d'où l'aspect hétérogène des surfaces sous-solées : selon l'épaisseur la lame de la sous-soleuse a plus ou moins gratté l'horizon argileux compact ; une plage beige, claire, à mottes parallépipédiques révèle un horizon sableux épais ; sur le hardé intact on le reconnaissait à sa couverture de graminées et de guiera ; les plages érodées à leur teinte plus sombre, grise, leur absence de végétation et parfois à leur surface légèrement bosselée.

2/ Solodisation :

Dans certains profils la solodisation se marque par formation d'un horizon A_2 particulière, clair et acide ; il ne dépasse jamais l'épaisseur² d'un doigt.

Au-dessus l'horizon lessivé, sableux, est cohérent. S'il est un résidu de solodisation comment s'établit ultérieurement cette cohésion ? Hydromorphie ; par le fer ? L'érosion éolienne la détruit par le haut.

Cette marque de solodisation est fugace : à quelques mètres de là on ne la retrouve pas ; par ailleurs elle est incomplète : l'indice de lessivage est moyen, la forme des colonettes n'est pas toujours nette, elle laisse subsister au-dessus d'elle des polyèdres et même des prismes. Elle paraît active puisque l'horizon A_2 n'est pas atteint par la cohésion ?

Carbonatation :

Dans quelques profils on constate une teneur maximum en $\text{CO}_3 \text{Ca}$ vers 40 à 60 cm de profondeur (1 % environ). D'autres sont presque totalement décarbonatés c'est le cas des solonetz solodisés étudiés ; dans d'autres enfin le $\text{CO}_3 \text{Ca}$ apparaît à profondeur variable (20 à 100 cm) et augmente fortement vers le bas (jusqu'à 3 %).

L'horizon massif est fréquemment carbonaté, sous forme de très petits nodules (quelques millimètres). Lorsque la carbonatation atteint un horizon prismatique ce sont de gros nodules (quelques centimètres) dans les plans de séparation horizontaux surtout (voir FH 1) (1).

Deux profils très voisins (FH 6 et 7 par exemple) peuvent présenter des différences importantes dans la carbonatation (dans l'accumulation des sesquioxydes également).

On voit fréquemment les concrétions calcaires diminuer en nombre vers le bas ; l'analyse indique cependant de plus en plus de $\text{CO}_3 \text{Ca}$; parfois c'est leur taille qui augmente alors. Un pseudomycélium s'observe fréquemment. Il est parfois difficile de distinguer une réaction d'ensemble de l'horizon au clH d'une effervescence due à ces très petites concrétions ou mycelium.

Exceptionnellement on remarque des concrétions noires et blanches (cortex ou pâte) qui font effervescence au clH.

Classification :

Les critères analytiques d'appartenance des sols à la classe halomorphe sont : (bibliographie n° 1).

- soit conductivité de l'extrait de pâte saturée supérieure au moins à 4 millimhos/cm à 25° (7 millimhos pour certains auteurs) ;

- soit teneur en sodium échangeable représentant plus de 12 % de la capacité d'échange dans l'horizon à structure modifiée au moins ;

- soit teneur en magnésium échangeable représentant plus de 30 % de cette capacité d'échange.

Le critère de conductivité n'a pu être employé les mesures ayant été faites sur une dilution au 1/5^e. Dans ces conditions la conductivité des sols étudiés va de 0,05 à 0,18 millimhos.

(1) Cette adaptation de la carbonatation à la structure est une preuve de l'origine pédologique de ces nodules.

22 profils présentant un horizon à structure modifiée ont été analysés :

- Dans 8 d'entre eux la condition sodium est remplie dans au moins un horizon. Cet horizon présente une structure massive (sauf un cas).

Ils appartiennent tous au sous-groupe sans colonettes, sans structure prismatique ; trois d'entre eux répondent, en plus, à la condition du magnésium.

- 11 autres satisfont seulement à la condition du magnésium ; les solonetz solodisés en font donc partie. (Mais des sols Ferrugineux Tropicaux voisins ou en enclaves satisfont aussi à cette condition ; ils ne contiennent pas alors, il est vrai, de sodium échangeable en proportion notable) ;

- Enfin trois autres sols rattachés sur le terrain à la classe halomorphe ne satisfont à aucune condition, notamment le profil 1.

Note : ces sols contiennent des chlorures (recherche qualitative).

e) Cimentation :

Ces sols présentent une grande dureté qui entrave leur utilisation. Dans les horizons massifs (1) on observe cependant souvent une structure fragmentaire potentielle. Elle est polyédrique (10 mm par exemple) et comparable à celle des horizons sous-jacents moins cohérents.

Mais on ne peut en détacher les éléments sans un effort important et la rupture ne suit pas souvent les faces observées. Tout se passe comme si un ciment unissait ou imprégnait ces éléments.

Il expliquerait l'humectation difficile. Cette humectation se produit finalement (saison des pluies) mais elle est très lente. Elle progresse seulement par les surface des solides obtenus (absence de porosité tubulaire ou de microfissures). Par contre elle devient rapide (dispersion) après broyage des échantillons. Une fois brisés les éléments ne se ressoudent pas rapidement (voir chapitre 8 : structure).

Au laboratoire au cours de l'extraction des bases échangeables on obtient dans certains Hardés de la région de Yagoua (note orale de G. SIEFFERMANN et J. SUSINI) un gel épais sur le filtre. Des déterminations sont en cours pour savoir s'il s'agit de silice, d'alumine etc. Cette substance pourrait être à l'origine de cette cimentation.

(1) Ces horizons durcissent encore à l'air ; sous les coups de l'outil ils laissent une trace gris bleutée fugace.

f) Comparaison avec les solonetz solodisés du Tchad (bibliographie n° 2 et 3).

Nous n'avons pas noté ici :

- la concentration relative d'éléments grossiers à la base de l'horizon sableux ;
- la ségrégation ocre rouge dans les colonnes ;
- l'accumulation argileuse ni les revêtements dans ces prismes.

Par ailleurs nous appelons massive la structure de l'horizon sous jacent. Au Tchad elle est décrite comme étant polyédrique. Il peut s'agir là d'une différence d'appréciation (voir cimentation 4e).

Résultats analytiques :

L'indice d'entraînement de l'argile est nettement inférieur ici. (5 au Tchad).

Le taux de sodium échangeable rapporté à la capacité d'échange varie de 0 à 33% dans les horizons. Mais il est souvent ici aussi compris entre 6 et 10 %. Rapporté à la somme des cations échangeables il a les mêmes valeurs à peu près.

Nous ne disposons pas malheureusement d'analyses de fer, manganèse, silice, sels solubles, dont la détermination paraît importante pour expliquer les caractères physiques des horizons rencontrés.

HARDÉ DE MOUNDOUR-GODOLA

- R** Ravine d'érosion
- SFT** Enclave de sols ferrugineux Tropicaux
- PV** Plage vive
- CV** Zone de cercles vifs dans plages herbues
- ⊕ Cercle vif étudié
- + +** Massif granitique

D'après photos AE 194-200 IR 1025 à 1028

Echelle approximative 1/20000



- +** Profil étudié
- SS** Solonetz solodisés
- SSe** Solonetz solodisés érodés
- β** A prismes
- α** Sans colonettes
- Sols peu évolués et Sols ferrugineux Tropicaux
- Vertisols
- Chenaux sombres

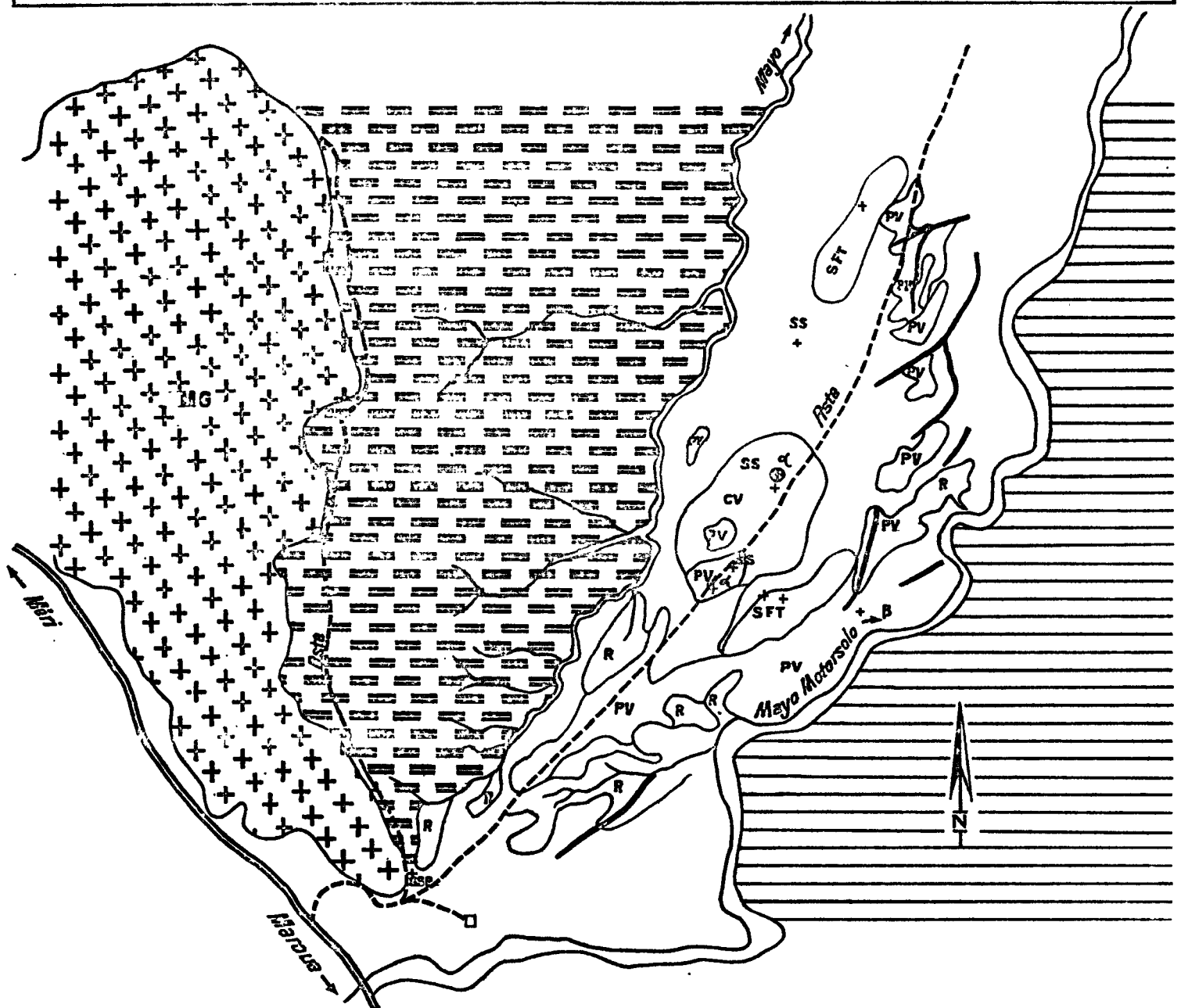


Fig.2

V - Les enclaves d'autres sols :

a/. Hardé de Moundour-Godola :

On y observe deux enclaves importantes de sols ferrugi-neux tropicaux :

Elles semblent légèrement plus élevées que le Hardé alentour. En un point, sous le Hardé voisin, on rencontre à 1 m. de profondeur un matériau comparable au leur (voir fiche analytique FH 4) 25 % d'argile, 27 % de sables grossiers 7 % de limons fins. Le matériau du glacis au pied du massif granitique est également comparable.

La végétation y est plus abondante, plus verte (les re-pousses de bauhinia sp. et de beaux anogeissus y abondent) et son mode d'implantation différent; des plages vives s'y observent ce-pendant mais peu étendues (quelques mètres); le profil FH 4 est placé sur l'une d'elles.

En surface le sol est rosé; c'est aussi la couleur de petits tortillons de déjections de vers; ceux-ci permettent de placer, à quelques mètres près, la limite de l'enclave.

Profil FH 4.

Description : En surface peu ou pas de vernis.

0-20 cm. horizon humifère et lessivé :
brun-gris 10 YR 5/2
sableux fin
structure fondue, débit anguleux friable
faible porosité tubulaire
Peu dur, poreux.

Passage progressif.

20-50 Horizon A₂ lessivé
brun jaune pâle 10 YR 6/4
Sableux fin
Même structure mais cohésion plus forte
Assez bonne porosité tubulaire (fine et grossière)

Passage net

50-140 Horizon B d'accumulation d'argile et sesquioxides
Brun-rouge 5 YR 5/4.
Sablo-argileux
Structure polyédrique bien développée; agrégats
cohérents.
Quelques concrétions noires (ferro-manganiques ?)
Grosses racines abondantes jusqu'à un mètre.
Porosité tubulaire fine assez développée.

Passage progressif.

140-180

Horizon C. bariolé de décomposition des minéraux.

Désagrégation dominante.

Résultats analytiques: pH acide, voisin de 5,5 ;

Le taux de saturation en bases est assez élevé mais minimum dans l'horizon lessivé; il remonte en surface; la teneur en matière organique 2,4 % est nettement plus élevée que sur le hardé.

Pas trace de calcaire ni de sodium échangeable; mais le magnésium échangeable approche ou dépasse 30 % de la capacité d'échange.

Classification : Sol Ferrugineux Tropical lessivé sans concrétions sur arène granitique.

Autres enclaves :

Les ravines d'érosion occupent une partie importante de la surface du Hardé; elles le bordent vers le mayo Motorsolo et parfois vers le mayo qui borde le glacis de piedmont.

Elles se sont formées aux dépens du Hardé typique et on y retrouve la même diversité.

La structure est rendue plus apparente : l'horizon cohérent de sables fins s'érode en bloc par rupture au-dessus de l'horizon argileux excavé.

Les prismes de celui-ci sont nets; un enduit de silice peut s'y observer (parfois à la base de prismes cubiques).

En dessous enfin la structure polyédrique potentielle est accentuée.

Par ailleurs on observe sur la surface des Hardés des chenaux sombres, étroits, assez rectilignes; ils peuvent atteindre 200 m. . Leur dépression est légère; elle semble due à une dissolution mais sur les premiers décimètres le sol ne présente pas là de caractères particuliers. Ces chenaux aboutissent aux ravines d'érosion.

FICHE ANALYTIQUE

O. R. S. T. O. M. — I. R. CAM

Son de Pédologie

YAOUNDÉ

TYPE
DE
SOL

SPT

N° PROFIL : FH 4

N° Echantillon	40	41	42	43	44	45
Profondeur cm	0-3cm	3-10	10-20	30-40	60-70	110-120
Couleur ()						
Refus 2 mm %	0,1	0,5	0,2	1,2	0,9	1,8
Humidité %		2,9	2,9	3,8	3,9	6,5
CO ₂ Ca %	0	0	0	0	0	0

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	13	11	13	15	23	30
Limon fin %	10	9	9	7	8	9
Limon grossier %						
Sable fin %	57	53	49	47	43	41
Sable grossier %	22	26	29	30	27	22

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	2,4	1,3	0,9			
Carbone %	1,37	0,74	0,55			
Azote ‰	0,71	0,46	0,38			
C/N	21	15	13			

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰	0,13	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
P ₂ O ₅ () ‰						

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium	5,9	6,1	5,5	3,7	5,2	
Magnésium	10,0	10,3	10,4	7,7	10,2	
Potassium	2,6	2,5	2,5	3,0	3,6	
Sodium	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	3,6	3,7	3,2	2,3	3,8	5,1
Magnésium	1,8	2,9	1,7	2,0	2,7	3,1
Potassium	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sodium	0	0	0	0	0	0,1
S	5,8	6,8	5,1	4,4	6,6	8,5
T	7,2	7,6	7,8	7,0	9,2	11,6
S/T = V %	80	89	66	64	72	74

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	5,8	6,0	5,7	5,6	5,7	5,3
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos/5e		7,8	5,3	3,8		
Extrait sec. mg/100 g						

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %						
pF 3						
pF 4,2						
pF 2,5						
Eau utile %						
Instabilité structurale ls						
Perméabilité Kcm/h						

b/ Hardé de Mogom.

On observe à 100 m. au Sud du profil FH 6 une zone légèrement plus basse où la végétation est plus verte, plus abondante et différente :

Quelques rôniers, des repousses de *faidherbia albida* et de *bauhinia*. L'herbe est plus abondante et plus élevée (saison des pluies), une pépinière indigène de mil mouskouari est à proximité.

Sur photo aérienne cette zone correspond à un chenal plus sombre dans le Hardé.

Profil FH 44 (saison des pluies)
trou de 2 m. non prélevé

Description :

- 0-18 cm. Horizon humide 10 YR 3/2,5 brun gris
plages grises 5/1 bordées d'un liseré rouille 5/6
Texture sableuse, peu argileux; quelques sables grossiers rubéfiés.
- Structure polyédrique (20-30 mm) moyennement développée mais non suivie par les racines qui passent d'un agrégat à l'autre.
 - Mauvaise liaison des matières organiques et minérales.
 - Porosité tubulaire peu développée.

Passage net de couleur.

- 18-40 cm. Horizon brun 10 YR 5/3; piquetage rouge rouille dû à de petites tâches d'hydromorphie.
- Argilo-sableux
 - Structure polyédrique fine (3-8 mm.) agrégats très friables; cohésion par l'humidité.
 - Humide, plastique.
 - Forte porosité tubulaire fine; chevelu racinaire fin.
 - Nombreuses concrétions (5 mm.) arrondies brunes ou brun-rouge.
 - Quartz anguleux hyalins de même taille.

Passage assez net.

- 40-65 - Horizon bariolé gris 5 Y 5,5 lissé et brun 10 YR 5/3 peu tranché.
- Argilo-sableux
 - Structure fondue, tendance polyédrique; plastique.
 - Nombreuses concrétions brunes ou noires (2 à 5 mm)
Porosité tubulaire très fine; nombreuses radicules gainées de brun.

Passage brusque de structure et cohésion.

65-110 Horizon dur, bariolé brun clair et brun jaune en tâches de quelques millimètres bien délimitées; quelques plages noir-bleutées, lissées.
Moins humide.
Structure peu développée, fondue à polyédrique.
Faible porosité tubulaire; racines espacées.

110-fond. Horizon bariolé de mêmes teintes
Structure polyédrique (10-20 mm) ne respectant pas la mosaïque des couleurs - lissages - agrégats très cohérents.

Gros tubes (10 mm); faune ?

Classification : Sol Hydromorphe minéral à pseudogley de profondeur, à tâches, lessivé en argile dans les horizons supérieurs.

Remarque : L'horizon bariolé profond se retrouve sous les Sols Halomorphes du Hardé.

COUPE DIAMETRALE D'UN CERCLE VIF A CENTRE ARBUSTIF

(saison des pluies)

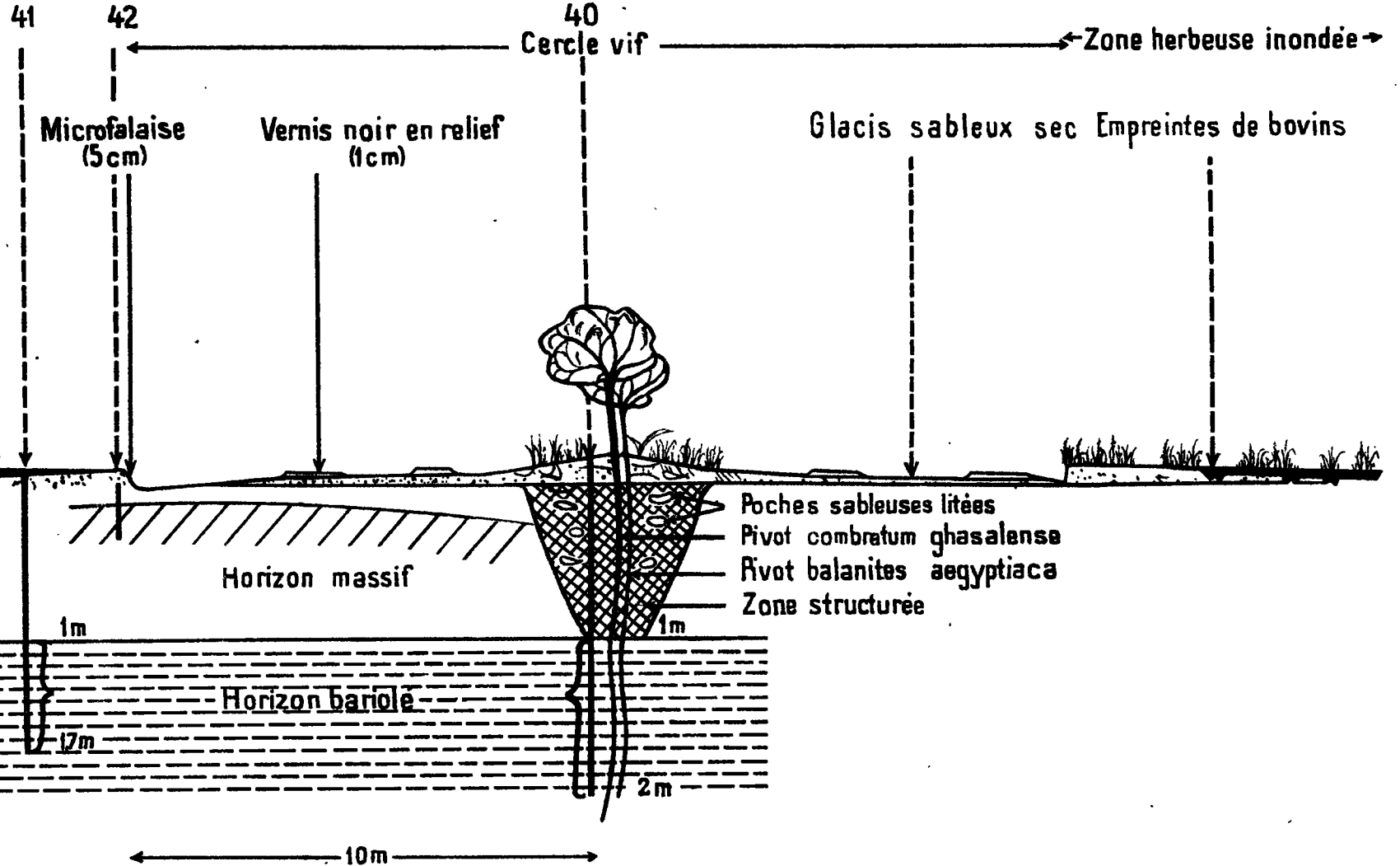


Figure 3

VI- Etude des cercles vifs à centre arbustif.

1.- Généralités.

A certains endroits les Hardés sont formés de grandes surfaces vives; à d'autres on observe de petites plages nues plus ou moins circulaires (1) ou annulaires, de taille et d'espacement variable, séparées par des zones herbues et arbustives.

En saison des pluies ces cercles sont secs; les zones herbues sont inondées, ici et là, sous quelques centimètres d'eau.

Le centre de chacun de ces cercles vifs est occupé soit par un reste d'édifice termitique soit par un îlot arbustif groupant deux ou trois arbustes étroitement imbriqués.

Dans le premier cas ces cercles ont quelques mètres de rayon (2 à 5 par exemple) et semblent formés par le cône d'étalement de ces édifices, ils sont presque circulaires et la végétation y est absente; le moignon de termitière est parfois colonisé.

Les plages à centre arbustif sont en général plus vastes, de forme moins régulière, de taille variable; elles prennent fréquemment un aspect annulaire; une couronne d'herbe s'est développée autour de l'îlot arbustif.

2.- Etude d'un cercle vif à centre arbustif : Hardé de Moundour
- Godola longitude 14°15'E latitude 10°45'N altitude vers 415 m. Observation en Août donc au milieu de la saison des pluies, mais exceptionnellement il n'est tombé que 30 mm. dans la quinzaine précédent l'observation.

3.- Centre arbustif : ce cercle (voir coupe figure 3) de 10 m. de ~~rayon~~ ^{diamètre} comporte en son centre deux arbustes accolés (*balnites aegyptiacá* et *combretum ghasalense*); leurs pivots pénètrent, étroitement accolés à plus de 2 mètres de profondeur; le sol présente à cet endroit des caractères particuliers de structure; la faune de plus s'y installe volontiers notamment des termites.

..../....

(1) Des cercles clairs avec un arbre au centre s'observent également sur d'autres types de sols; ils sont bien visibles sur les photos aériennes au 1/20.000e; il serait intéressant de les comparer à ceux-ci.

Des racines mortes témoignent de la permanence en ce lieu d'une implantation arbustive.

Des poches remplies de sables souvent stratifiés s'y observent en abondance : il peut s'agir d'enclaves mal digérées de la roche mère (alluvions) ou de cavités termitiques comblées?

Les collets des arbustes arrêtent et accumulent les sables déplacés par le vent : un monticule d'une dizaine de centimètres de hauteur se forme; l'herbe s'y installe.

Cercle vif : Une petite falaise de quelques centimètres marque sur le pourtour le passage aux zones herbues; ce sont cependant celles-ci qui retiennent l'eau; mais l'eau de ces plages herbeuses a envahi localement un jour la plage vive et y a abandonné une langue de sable avant de s'infiltrer. L'herbe s'est installée sur cette langue.

D'un blanc éclatant ces plages rayonnent fortement; la température est très élevée dans les premiers centimètres du sol; un vernis (1) noir squameux recouvre par plaque la surface du hardé (zones herbues et vives); résistant mieux à l'érosion éolienne les plaques vernissées dominant d'un ou deux centimètres.

Ailleurs la surface du sol est recouverte d'une pellicule discontinue de sables grossiers, roux, éolisés, particuliers (sans cohésion); ils s'accumulent sous l'action du vent dans les moindres creux (empreintes d'animaux) ou autour des moindres bosses (touffes d'herbes, pierres). Ils recouvrent un horizon cohérent de sables fins.

Les plages herbues : L'eau qui les recouvre se trouble facilement elle est laiteuse; elle emplit de nombreuses empreintes de bovins; elle semble se maintenir longtemps après une pluie; elle recouvre le sol de plusieurs centimètres mais irrégulièrement.

Les sols : Sous les zones herbues ^{le sol} est imprégné sur un ou deux décimètres; sur les plages nues il est légèrement humecté vers 15 cm. (dessiccation superficielle); par contre l'eau pénètre plus profondément sous l'ilot arbustif : 55 cm. le long des pivots, 35 autour.

FH 40 (voir fiche analytique) de 2 m. de profondeur est placé dans le centre arbustif; on y observe de haut en bas :

1) 17 cm. de sables particuliers (15 à 20 % d'argile) ou légèrement agrégés en polyèdres; teinte brun gris foncé (10 YR 4/2) horizon humide, les sables éoliens y abondent (14 à 19 % de sables grossiers).

(1) L'analyse de ce vernis noir est indiquée au chapitre 7 - elle est comparable à celle d'un horizon supérieur.

(Radialément à 1 m. de là cet horizon ne fait plus que 14 cm. et comporte moins de sables grossiers); la dessiccation superficielle y a joué sur 5 cm.; la structuration est très développée, l'enracinement fin et dense donne une cohésion d'ensemble aux premiers centimètres; la porosité tubulaire et l'activité de la faune y est forte (termites, vers) - on observe des poches sableuses.

2°.- L'humidité pénètre jusqu'à 37 cm. (55 par les pivots) dans un horizon sablo-argileux, de teinte voisine de 10 YR 5/2 (brun-gris) devenant 2,5 Y 5/2 par dessiccation à l'air; on note un blanchiment à la partie supérieure (10 YR 7/3).

La structure est polyédrique peu développée (30-50 mm) les agrégats peu cohérents (leur surface est plus claire par dessiccation) forte porosité tubulaire et nombreuses poches sableuses litées.

3°.- En dessous de 37 cm. horizon sec, difficile à humecter comportant de très petits nodules calcaires (inférieurs au mm) et un léger mycelium; petites concrétions noires, rondes (2 mm) pâte noire, cuticule noir brunâtre 1/10 mm.).

4°.- Vers 100 à 120 on passe à un horizon bariolé qui se poursuit jusqu'au fond; le bariolage comporte :

7,5 YR 6/6 rouille; surface rugueuse

7,5 YR 4/10 noir bleuté

2,5 Y 6/2 beige terne grisâtre - surface lisse.

Les éléments de cette mosaïque sont inférieurs au cm. La structure polyédrique (10-30 mm) moyennement développée ne tient pas bien compte du bariolage. Texture argilo-sableuse, moins argileuse vers le fond.

FH 41 (voir fiche analytique) de 1,7 m. de profondeur, comporte également à partir de 80 à 100 cm. et jusqu'au fond un horizon bariolé comparable mais où les plages sont plus distinctes (dimensions comparables) - les teintes sont :

10 YR 6/5 rouille

2,5 Y 6/6 gris

2,5 Y 6/2 beige

2,5 Y 3/0 noir, peu abondant.

La structure est comparable.

De la surface jusqu'à cet horizon on observe : sur 20 cm. un horizon gris foncé (10 YR 4/1 humide) gorgé d'eau, plastique, de texture sablo-argileux avec fines radicules et une bonne porosité tubulaire fine.

de 20 à 53 cm. horizon brun gris 2,5 Y 5/2
argilo-sableux, plastique (humide) avec concrétions et
taches rouilles diffuses.

de 53 à 100 le sol est un peu plus clair et présente une porosité
de cavités très développée et des concrétions noires ou
rouilles plus nombreuses.

FH 42 (voir fiche analytique) 15 cm. de sables fins recouvrant un
horizon compact blanchi à sa partie supérieure et sec,
taches rouilles d'hydromorphie de 8 à 15 cm.

Conclusion : Un horizon hydromorphe existe vers 1 m. de profon-
eur; il est continu.

Le sol est comparable sous les plages nue et herbeuses; or
celles-ci sont inondées et leur sol gorgé d'eau; celles là
sont sèches. Seul le centre arbustif présente des carac-
tères particuliers : il est possible que sous le centre
arbustif le sol structuré permette l'infiltration de l'eau
de la plage vive; elle rejoint la nappe variable (niveau
hydromorphe).

Ce rôle de drain à travers l'horizon compact doit être
réalisé encore plus facilement dans le cas d'un centre ter-
mitique (cheminées verticales).

Un cercle desséché inculte se forme autour du drain; les
termites à l'origine, le vent et la chaleur entretiennent
cet état. Les éléments particuliers épandus de l'édifice
termitique ou apportés par le vent facilitent l'infiltra-
tion jusqu'à l'horizon compact.

Une termitière fossile peut être à l'origine de certai-
nes plages à centre arbustif: on voit parfois des arbustes
coloniser une ancienne termitière; ce stade intermédiaire
ne s'observe pas partout.

Peut-on aussi envisager l'implantation arbustive anté-
rieurement à la cimentation de l'horizon massif; seuls quel-
ques individus mieux développés auraient réussi à subsis-
ter en maintenant autour de leur pivot une structure frag-
mentaire. Ils ont, depuis, assuré leur succession.

FICHE ANALYTIQUE

O. R. S. T. O. M. — I. R. CAM

S^{on} de Pédologie

YAOUNDE

TYPE
DE
SOL

N° PROFIL 40 et 42

N° Echantillon	0	1	2	3	4	5	420	421
Profondeur cm	0-5	10-15	25-35	60-70	120-130	180-190	0-10	0-10
Couleur ()								
Refus 2 mm %	0,0	0,0	0,0	0	0,1	0,5	0	0
Humidité %	2	2,7	5,6	5,9	7	7	3,2	3,4
CO ₂ Ca %	0	0	0,03	0,03	0,13	tr	0	0

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	16	21	32	32	37	32	14	15
Limon fin %	11	11	12	12	11	11	12	12
Limon grossier %								
Sable fin %	60	51	48	45	45	42	59	59
Sable grossier %	14	19	10	12	9	16	16	16

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	1,0	0,7	0,6				0,7	1,2
Carbone %	0,60	0,42	0,32				0,40	0,68
Azote ^{0/100}	0,55	0,50	0,55				0,35	0,36
C/N	11	8	9				11	12

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ^{0/100}								
P ₂ O ₅ () ^{0/100}								

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium								
Magnésium								
Potassium								
Sodium								

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	4,4	7,1	12,1	12,0	14,8	12,3	2,8	2,5
Magnésium	1,7	2,1	3,2	2,1	2,9	3,7	1,1	1,2
Potassium	0,6	0,1	0,6	1,5	1,4	1,3	0,2	0,4
Sodium	0,3	tr	0,2	0,6	1,2	2,1	0,3	0,2
S	6,9	9,3	16	16,2	20,3	19,4	4,3	4,3
T	8,2	11,6	17,2	17,6	19,9	18,6	7,8	7,8
S/T = V %	85	79	92	91			55	54

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	6,2	6,2	7,8	8,5	8,7	8,8	5,9	5,7
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos	26,8	19,8	20,8	24,2	47,9	73,2	17,4	25,3
Extrait sec. mg/100 g								

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %								
pF 3								
pF 4,2								
pF 2,5								
Eau utile %								
Instabilité structurale ls								
Perméabilité Kcm/h								

O. R. S. T. O. M. - I. R. CAM

5th de Pédologie YAOUNDE

TYPE
DE
SOL

N° PROFIL : 41

N° Echantillon	0	2	3	4	5	
Profondeur cm	0-5		40-50	80-100	130-40	160-170
Couleur ()						
Refus 2 mm %	0,0		0,3	0	0	4,4
Humidité %	3,1		7,2	6,7	6,7	7,7
CO ₂ Ca %	0		0	0,32	0,3	tr

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	24		40	36	33	27
Limon fin %	11		13	13	14	11
Limon grossier %						
Sable fin %	54		40	48	51	44
Sable grossier %	11		8	5	5	20

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	1,1		0,4			
Carbone %	0,66		0,25			
Azote ‰	0,79		0,34			
C/N	8		7			

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰						
P ₂ O ₅ () ‰						

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium						
Magnésium						
Potassium						
Sodium						

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	7,7		13,4	17,1	16,3	11,4
Magnésium	4,4		3,9	5,4	4,9	6,6
Potassium	0,4		0,5	0,9	0,4	0,2
Sodium	0,4		0,1	1,0	2,1	1,6
S	12,9		17,9	24,4	23,7	19,9
T	14,2		19,5	20,3	17,2	20,7
S/T = V %	90		92			96

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	5,5		7,2	8,7	9,1	8,9
--------	-----	--	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mmhos	116,9		13,7	50,9	65	37,1
Extrait sec. mg/100 g						

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %						
pF 3						
pF 4,2						
pF 2,5						
Eau utile %						
Instabilité structurale ls						
Perméabilité Kcm/h						

CCC

VII- Etude d'un cercle vif à centre termitique (saison des pluies)

Ce cercle est situé sur le Hardé de Mogom entre les profils 6 et 8.

- L'édifice termitique n'est pratiquement plus actif ; il est haut de 1 m environ. Deux ou trois cheminées verticales de 10 cm de diamètre partant du sommet traversent le sol sur une épaisseur non déterminée.
- Une surface conique concave raccorde cet édifice à la surface plane du sol. Elle est formée par l'épandage de cet édifice sous l'action des pluies et de la gravité.
- Un cercle vif entoure cet édifice. Son rayon est de 3 m. la température des premiers centimètres du sol est élevée ; il rayonne fortement.
- Au delà la végétation reprend sous forme de touffes graminéennes peu élevées, elles forment un tapis discontinu ; puis des arbres et arbustes isolés ou groupés. Certains sont installés sur des ruines termitiques.

Un trou S de 2 m a été creusé dans une plage herbue à 10 m de l'édifice central. Un balanites aegyptiaca accolé à un gros arbre mort est situé à côté.

Le sol est sec, c'est un sol halomorphe lessivé à alcalis sans colonettes ; il est comparable au profil FH 6 : il est lessivé sur 10 cms ; l'effervescence au clH apparaît dès 40 cms ; de 1,4 au fond les concrétions calcaires abondent. Du côté de l'ilot arbustif il est assez finement structuré massif de l'autre. C'est par sa forte teneur en magnésium échangeable qu'il entre dans la classe Halomorphe.

L'édifice termitique, le cône d'épandage et le sol S ont été analysés (voir fiche analytique).

La termitière : (prélevé moitié en haut moitié en bas d'un paroi). Par son pH élevé 8,2, sa teneur en bases échangeables 22,6 méq./100g et sa capacité d'échange l'édifice termitique se rapproche des horizons profonds (50 et 200 cm) du sol S voisin.

Sa texture est moins argileuse (35 % au lieu de 45 %) mais nettement plus que les horizons de surface.

Par contre il est plus riche en sodium échangeable 3,2 méq et sa conductivité est la plus élevée obtenue (plus de 0,3 millimhos).

Il contient 1,3 % de matière organique.

Le cône d'épandage : (voir fiche analytique) :

T 11 est prélevé dans la couche sableuse 0-1 cm à 1 m de l'édifice

T 12 de 1 à 10 cm de profondeur-les comparer à S1.

t1 et t3 sont prélevés de 0 à 3 cm respectivement à 1 m et 3 m d'un autre édifice (3 km plus à l'Ouest, sur le même hardé) - les comparer à t 10 pris à 10 m de cet édifice hors du cercle vif.

- Sa texture est plus sableuse, comparable à celle du sol normal à proximité ; sa teneur en bases échangeables est presque double ; son pH reste élevé voisin de 8 alors qu'à l'extérieur du cercle vif il n'est que de 5,7.

Il contient encore un peu de CO_3Ca mais de moins en moins en s'éloignant de l'édifice.

Conclusion : Seul le pH distingue nettement le cercle vif des zones herbues voisines ; il est riche en bases. *également*

L'absence de végétation s'explique aisément à l'origine : activité des termites, richesse en sodium échangeable et probablement en sels des matériaux remontés.

Malgré le lessivage ultérieur le pH est resté élevé ; la température élevée entrave la vie microbienne.

Le drainage possible des eaux par les cheminées verticales assèche le cercle. L'état inculte s'entretient.

Beaucoup de ces termitières sont désaffectées ou presque inactives. La cimentation aurait-elle découragé aussi les termites ? (voir chapitre 8 l'influence des termitières sur la croissance du coton).

FICHE ANALYTIQUE

O. R. S. T. O. M. – I. R. CAM
 Son de Pédologie YAOUNDE

**TYPE
DE
SOL**

Termitière T à 1m
 de T: T1 Sol à pro
 ximité S Termitière
 No 7 (1,3, 10m)

N° PROFIL :

N° Echantillon	T	T 11	T 12	S1	S2	S3
Profondeur cm		0	1-10	0-10	50-60	200
Couleur ()						
Refus 2 mm %	0,0	0,2	0,5	0,1	1	1,5
Humidité %	6,3	1,9	3,7	3,1	9,5	10,2
CO ₂ Ca %	0,28	0,13	0,03	0	0,85	0,57

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	35	13	23	16	45	52
Limon fin %	16	10	12	13	15	13
Limon grossier %						
Sable fin %	46	68	57	60	40	36
Sable grossier %	7	12	10	12	3	2

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	1,3	0,4	0,7			0
Carbone %	0,74	0,21	0,4			
Azote ‰	0,61	0,29	0,5			
C/N	12	7	8			

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰						
P ₂ O ₅ () ‰						

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium						
Magnésium						
Potassium						
Sodium						

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	13,1	5,7	6,1	2,8	20,2	16,2
Magnésium	5,2	2,4	3,8	2,8	3,0	8,6
Potassium	1,1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4
Sodium	3,2	0,4	0,9	0,5	1,5	1,5
S	22,6	9,0	11,2	6,4	25,0	26,7
T	20,3	7,1	12,1	8,4	23,1	28,2
S/T = V %			92	76		94

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	8,2	8,2	7,0	5,6	9,0	8,8
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos	304,0	18,2	45,5	25,9	90,5	60,8
Extrait sec. mg/100 g						

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %						
pF 3						
pF 4,2						
pF 2,5						
Eau utile %						
Instabilité structurale ls						
Perméabilité Kcm/h						

000

FICHE ANALYTIQUE

- 48 -

O. R. S. T. O. M. - I. R. CAM S ^{on} de Pédologie YAOUNDÉ	TYPE DE SOL	N° PROFIL :
---	-------------------	-------------

N° Echantillon	t1	t3	t10			Vernis noir
Profondeur cm	0-3	0-3	0-3			0
Couleur ()						
Refus 2 mm %	0,9	0,4	0,5			0,44
Humidité %	3,8	5,0	3,2			0
CO ₂ Ca %	0,03					

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	12	23	9			11
Limons fin %	7	8	9			11
Limons grossier %						
Sable fin %	67	58	66			62
Sable grossier %	17	12	17			16

MATIÈRE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,4	0,9	0,9			1,0
Carbone %	0,25	0,50	0,52			0,58
Azote %	0,35	0,38	0,59			0,47
C/N	7	13	9			12

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total %						0,13
P ₂ O ₅ () %						

Bases totales ME pour 100 g de sol ()

Calcium						5,2
Magnésium						8,8
Potassium						2,1
Sodium						0,5

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	4,8	11,0	2,1			3,7
Magnésium	1,4	1,8	1,1			1,1
Potassium	0,5	0,5	0,4			0,3
Sodium	0,5	0,3	0,5			0
S	7,2	13,5	4,1			5,1
T	7,4	14,7	5,1			6,4
S/T = V %	96	92	80			80

ACIDITÉ ALCALINITÉ

pH eau	8,5	7,7	5,7			6,2
--------	-----	-----	-----	--	--	-----

SOLUTION DU SOL

Conductivité mm hos	23,4	25,4	31,4			13,5
Extrait sec. mg/100 g						

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Porosité %						
pF 3						
pF 4,2						
pF 2,5						
Eau utile %						
Instabilité structurale ls						
Perméabilité Kcm/h						

VIII- Transformation des Hardés par sous-solage et culture de coton.

1/ Conditions d'étude :

Nous n'avons pas pu suivre un hardé depuis son sous-solage pendant plusieurs années ; mais nous avons étudié différents hardés qui avaient été sous-solés depuis 1,2,3 ou 4 années (ou juste après sous-solage) ; nous les avons comparés au sol intact à proximité.

Il fallait éliminer autant que possible les différences dues aux variations latérales rapides des sols rencontrés sur les hardés. Pour cela, chaque fois que cela a été possible, nous avons creusé les trous à la limite de la parcelle sous-solée et du hardé primitif : les points de comparaison sont ainsi éloignés seulement de 2 mètres environ.

Les points de comparaison entre saison sèche et saison des pluies n'ont pu être aussi rapprochés : il était nécessaire de s'éloigner du trou ancien inondé et évasé par éboulement des flancs.

2/ Technique et Intention du sous-solage :

Le sous-solage a été réalisé, en principe, selon les lignes de plus grande pente (difficiles à déterminer en l'absence d'étude topographique détaillée) ; le billonnage l'a été dans la direction perpendiculaire donc suivant les courbes de niveau.

L'ouverture du sol a été réalisée à une profondeur de 30 à 50 centimètres. L'épaisseur de l'horizon de sables fins cohérent est variable d'un point à un autre : la lame de la sous-soleuse entamait ainsi plus ou moins l'horizon massif sous-jacent. D'où l'aspect irrégulier des parcelles sous-solées les plages beige-clair correspondant aux grandes épaisseurs de sable fin. Les plages ovales des termitières (1) arasées accentuent cette irrégularité des surfaces.

Dans tous les cas l'action de la sous-soleuse est limité à la partie supérieure de cet horizon massif. Il n'est donc pas ouvert jusqu'à sa base : l'évacuation de l'eau vers la profondeur n'est pas réalisée par ce procédé.

La semelle laissée par la lame de la sous-soleuse se présente sous la forme d'une auge demi-cylindrique durcie et lissée. Elle disparaît complètement l'année suivante.

(1) Selon les points le développement des cotonniers était avantage ou défavorisé à l'emplacement des termitières arasées.

Des fentes peu béantes, courent, en saison sèche, à la surface du sol. Elles soulignent les directions de sous-solage ; elles disparaissent en saison des pluies et après une année ou deux. L'écartement des lignes de sous-solage est variable (de 0,5 à 1 m).

Le but recherché par ces sous-solages est :

- de faire pénétrer les eaux de pluie dans le sol : ainsi se crée une réserve d'eau utilisable par les plantes au début de la saison sèche.
- d'évacuer l'eau en excès par le fond de sous-solage : la stagnation en surface (asphyxie) est ainsi évitée ; l'érosion en nappe et ravines de la surface plane et en pente faible est limitée également.
- d'ouvrir ces sols massifs et durcis pour permettre la pénétration en profondeur des racines principales du cotonnier.
- de réaliser par le choc et les pressions effectuées des agrégats ou des mottes artificielles : les échanges gazeux l'humectation complète et la prospection des racines seront ainsi facilités.

Ensuite le billonnage limite et ralentit l'écoulement de l'eau en surface (donc l'érosion) ; il oblige l'eau à pénétrer verticalement après stagnation : plusieurs jours après une chute de pluie les creux de billons sont encore très humides (les collets des cotonniers sont également plus humides immédiatement après une chute de pluie).

3/ Modifications physiques :

Les modifications physiques les plus importantes entre parcelle sous-solée et hardé primitif ainsi qu'entre saison sèche et saison des pluies portent sur la structure, l'économie de l'eau, la porosité tubulaire et l'hydromorphie.

a/ l'hydromorphie :

Le fond du sous-solage forme une ligne ondulée dans le plan vertical allant dans le sens de la pente ; la fissuration qu'il provoque pénètre plus ou moins profondément selon la résistance et les horizons rencontrés : il existe donc des contrepentes à l'écoulement longitudinal possible des eaux ; mais surtout des creux relatifs où les eaux s'accumulent ; cet engorgement se traduit par des taches rouilles d'hydromorphie. Ceci explique peut être le comportement des racines des cotonniers : après avoir

utilisé les fentes verticales elles les quittent brusquement vers 20 cms pour pénétrer obliquement au coeur des prismes.

Cet engorgement est néfaste si le sous-solage est trop superficiel ; favorable dans les cas contraire, des réserves d'eau se constituent qui s'écouleraient si le fond de sous-solage était rectiligne.

Un écoulement longitudinal par le fond de sous-solage se produit-il, en fait ? nous pensons qu'il n'est pas général et reste limité.

Remarque : Dans le sol intact l'hydromorphie marque l'horizon cohérent de sables fins sous la surface du sol : elle se marque par des gaines rouillées de certains pores tubulaires. Elle est due à l'engorgement de surface ; ces pores tubulaires (enracinement des petites touffes de graminées ?) n'avaient pas d'exutoire vers le bas ; l'évaporation, rompue par la pellicule battante de surface ne les atteignait pas. Cette action dans le haut du profil ne se manifeste plus dans les parcelles sous-solées (sauf par inondation accidentelle).

b) Porosité tubulaire :

La porosité tubulaire est très faible sur hardé nu. La culture du cotonnier la développe nettement(1), sous forme de pores moyens à fins, longs et réguliers qui traversent souvent complètement les mottes ou les prismes intacts. Cette porosité est plus développée également sous les centres de végétation du hardé primitif.

Sur hardé nu l'eau, répandue en surface, utilise, de place en place, pour pénétrer plus profondément quelques gros pores dûs à la faune.

Après sous-solage la porosité de fissures et inter-agrégats est évidemment bien plus développée.

c) Economie de l'eau :

↙ En saison sèche : le hardé intact est sec. En profondeur souvent dans l'horizon légèrement bariolé, on observe parfois une zone légèrement fraîche.

Dans le passage de la sous-soleuse la dessiccation est encore plus intense. Mais brusquement vers un mètre par exemple on rencontre une zone plus fraîche.

(1) Une culture de graminées aurait une action bien plus efficace.

Entre les sillons cette zone plus fraîche monte nettement plus haut dans le profil. Mais en profondeur sa fraîcheur est moins marquée que sous le sillon.

Ces observations de terrain seraient à confirmer par l'étude de "profils hydriques". 2. En saison humide : sous le hardé intact le front de l'humidité descendait au moment de l'observation à 20 ou 30 centimètres.

Dans les secteurs sous-solés elle pénétrait bien plus profondément (40 à 60 cms) en "bourses" disposées grossièrement suivant un réseau à maille carrée : chacune de ces poches d'humidité correspondait à une intersection de ligne de sous-solage et ligne de creux de billon. Entre ces poches la pénétration était comparable à celle du hardé primitif mais nettement plus marquée sous les creux de billons.

Remarque : l'évaporation après la pluie desséchait les premiers centimètres, la zone la plus humide s'observait vers 30 cms.

Plus rapide peut être en saison humide qu'en saison sèche, l'humectation de ces sols est lente (1) les pluies tropicales sont violentes. L'engorgement et la stagnation à la surface du hardé primitif s'expliquent aisément.

Remarque : au moment de l'observation la pénétration irrégulière de l'humidité ne semblait pas influencer encore la croissance des cotonniers les racines n'atteignaient pas encore le front de pénétration de l'humidité.

d/ La Structure

Les transformations les plus importantes provoquées par le sous-solage portent sur la structure :

(1) Pour humecter complètement une prise de sol et apprécier la texture il est nécessaire de l'écraser finement ou de la laisser longtemps au contact de l'eau. On n'observe pas cette dispersion rapide à l'eau des sols à alcalis.

Pour expliquer ce comportement il faut faire intervenir la texture particulière de ces horizons, l'absence de porosité utilisable par l'eau, la compacité, le faible développement de structures fines etc. Mais aussi d'autres causes propres à ce type de sol (cimentation ?). Toutes ces causes peuvent avoir été induites à l'origine par le sodium fixé sur le complexe absorbant ou les sels solubles.

L'action de la sous-soleuse se fait sentir en V moyennement évasé au-dessus de la semelle laissée par la lame. Ce "coin" est limité par des fentes obliques qui se rejoignent à la base après un tracé courbe. Les plans horizontaux de séparation des horizons (ligne blanche poudreuse des solonetz solodisés, et surtout la base de l'horizon de sables fins cohérents) élargissent notablement l'action latérale de fractionnement aux dépens de la profondeur.

Lorsque les passages de la sous-soleuse sont suffisamment rapprochés (40 cms) on observe en plus un débitage, par fentes perpendiculaires, des interlignes.

Pressions et chocs créent une structure artificielle dont les éléments sont de taille variable. Leur dureté devient très grande par dessiccation. Si l'on ne prend pas soin alors de briser au moins les plus gros ils deviennent inutiles et gênent les pratiques culturales.

L'horizon de sables fins cohérents se débite, en gros, en parallélépipèdes dont la hauteur est celle de l'horizon.

Les prismes ; lorsqu'ils existent, sont brisés en éléments irréguliers plus petits.

Dans l'horizon massif, s'il existe une structure polyédrique potentielle, c'est évidemment celle-ci qui se trouve développée. Mais elle ne va pas jusqu'à l'individualisation de chaque agrégat.

En saison des pluies on a la surprise d'abattre en 3 ou 4 coups de piochon le plan de profil qui est humecté avant de buter sur la masse compacte et sèche ; on n'obtient plus alors que des éclats sous les coups répétés du piochon, comme en saison sèche. La zone ameublie présente une structure polyédrique avec surstructure large due à l'humidité. Une couche battante, blanche, peu perméable, se recrée rapidement en surface par impact des pluies. Le travail superficiel du sol est donc nécessaire en saison des pluies pour permettre les échanges de gaz et la pénétration de l'eau.

En aucun cas l'amélioration de la structure ne s'est étendue plus bas que la semelle de sous-solage.

Fentes et interfaces d'agrégats facilitent la pénétration verticale des racines (souvent aplaties) qui doivent, pour s'alimenter, pénétrer ensuite au sein des mottes.

4/ Conservation des effets du sous-solage dans le temps :

Après trois ou quatre saisons des pluies on ne peut plus repérer nettement en surface et dans le sol les plans de passage de la sous-soleuse : la structure est polyédrique moyenne à agrégats très cohérents ; quelques blocs compacts et arrondis d'une quinzaine de centimètres correspondent peut être aux interlignes. Dès 40 cms la structure devient massive.

Une structure s'est donc étendue aux premiers décimètres du sol sous l'effet du sous-solage et de la culture cotonnière.

Une modification de la granulométrie par mélange de l'horizon sableux et de l'horizon argileux se produit-elle par sous-solage ? L'analyse la met en évidence dans certains cas. Elle est faible.

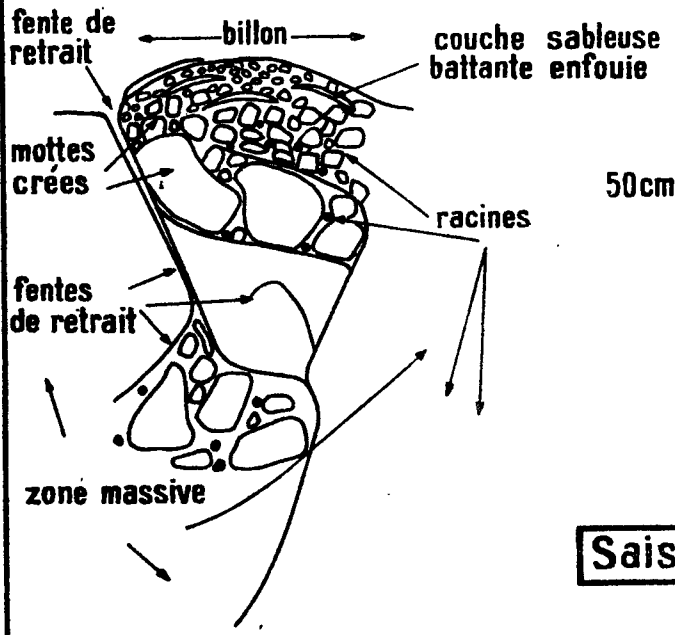
Rappelons que ce n'est pas là le but du sous-solage. Cependant les fentes créées ou préexistantes, les vibrations provoquées par le passage de la lame font descendre des éléments de l'horizon sableux dans l'horizon argileux. (Sur hardé primitif on observe une descente du sable particulière de surface et de débris organiques dans les fentes). On observe effectivement cette descente mais elle n'est pas très importante et il y a surtout juxtaposition de mottes de texture différente .

Là où l'horizon sableux est épais de plus de dix centimètres il y aurait intérêt à réaliser ce mélange par un labour après sous-solage et bris des mottes.

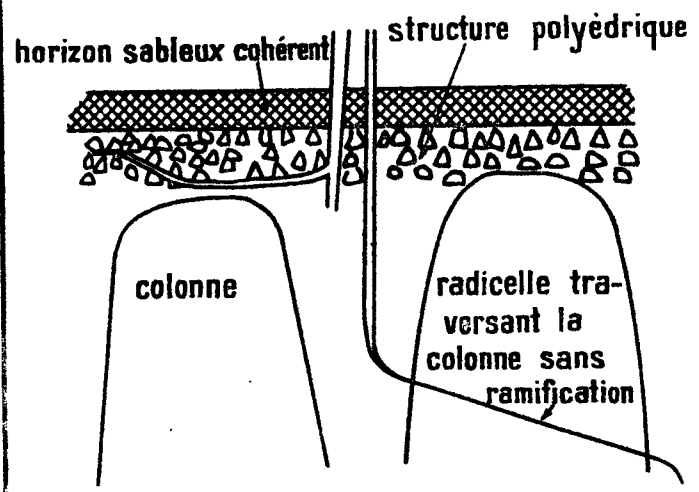
Les modifications apportées à la structure par le sous-solage ne se maintiennent avec la même intensité dans l'horizon sableux et dans l'horizon argileux.

EFFETS DU SOUS-SOLAGE

Intersection d'un billon et d'un passage de sous-soleuse (FH7)



Enracinement du cotonnier dans un solonetz solodisé, secteur non perturbé



Saison sèche

Saison des pluies

(FH7)

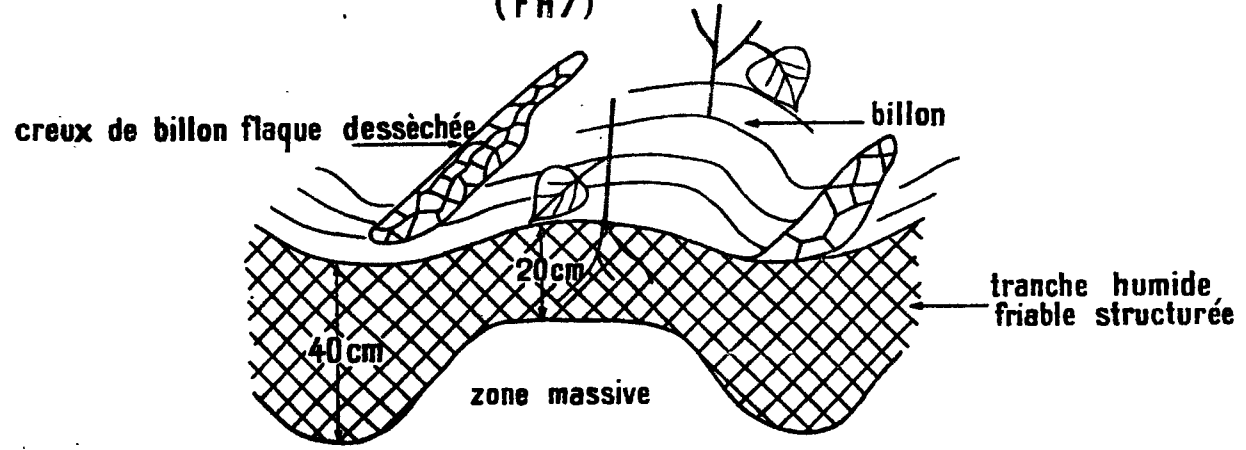


Fig 4

INTERET DU SOUS-SOLAGE

La mise en valeur des Hardés nécessite donc l'ouverture du sol par des engins qui doivent nécessairement être puissants. Cette mise en valeur coûteuse ne serait évidemment pas rentable si les effets du sous-solage ne se faisaient pas sentir pendant plusieurs années, si le "ciment" se reformait dès la première saison des pluies.

Il semble heureusement que cette action se maintienne au moins quatre ans (nous n'avons pas de hardés sous-solés plus anciennement). Les récoltes obtenues de plus, aux dires des utilisateurs, justifient ces sous-solages.

La sous-soleuse paraît être le seul engin capable de pénétrer dans ces sols et elle a l'avantage de pouvoir être employée en saison sèche.

Les Hardés véritables sont rares et comportent alors des enclaves de sols différents. Il est évident que toutes les surfaces, qui n'ont pu être mises en valeur par les moyens habituels, et dont l'évolution semble se faire vers les Hardés (classés en sols gris) sont d'abord à récupérer.

C'est ce qui a été réalisé dans la région de Maroua et dans la majorité des cas l'emploi coûteux de la sous-soleuse se justifiait.

Le pH des sols peut-il être choisi comme critère dans le choix des secteurs à mettre en valeur ?

Nous n'avons pas observé de pH supérieur à 9,4 dans les hardés cultivés et intacts. Même à cette valeur du pH ceux-là portaient de beaux cotonniers. Il semble donc que non. Mais il faudrait reconsidérer ce problème si des pH plus élevés étaient observés (région de Yagoua).

Il est par contre important dans le choix des secteurs de tenir compte du risque éventuel d'inondation. Le creusement de fossés judicieusement placés peut d'ailleurs y pallier dans certains cas.

L'amélioration des propriétés physiques du sol par la culture du coton ne paraît pas très importante. Il serait intéressant d'étudier les modifications apportées par une autre culture pendant la première année (graminée notamment) et de voir si l'amélioration ainsi obtenue se maintient ensuite en culture cotonnière.

Le boisement, s'il réussit, est un autre moyen de récupérer ces surfaces ; les résultats obtenus sur le hardé de Salak ne sont guère encourageants.

Autres pratiques culturales nécessaires :

Dans tous les cas le sous-solage doit être suivi de certaines pratiques qui augmenteront considérablement son efficacité :

Tout d'abord un bris judicieux des mottes obtenues.

Les éléments formés par l'horizon sableux, d'ailleurs plus faciles à morceler, pénétreront ainsi dans l'horizon argileux. Les gros éléments argileux, déserts pour les racines, gêne pour les pratiques disparaîtront également. Eviter une pulvérisation trop complète qui accentuerait les phénomènes de battance en surface et risquerait d'accélérer la recimentation.

La mise en billons joue ensuite un rôle essentiel, plus important que le sous-solage, dans la retenue de l'eau.

Enfin le travail superficiel (sarclage) pendant la saison de culture, permet de rompre la couche battante qui se forme rapidement sur ces sols non protégés par leur végétation. (Au début de la saison sèche ne peut-elle pas jouer au contraire avantageusement par rupture de capillarité ?).

Un labour, après sous-solage et ensuite tous les deux ans pourrait entretenir et développer la structure créée par le sous-solage et surtout réaliser un mélange des granulométries là où l'horizon sableux est épais. Sa profondeur serait conditionnée par les possibilités de pénétration. Sa fréquence du prix de revient et de la facilité à rentrer à nouveau sans sous-solage. La dilution de la matière organique qui résulte du labour est importante: 0,3 % seulement dans la couche 0 - 10 cm de deux parcelles labourées (au moins 0,7 dans les autres). Mais les rendements n'en seraient guère affectés.

Lutte contre l'érosion :

L'érosion est un grand danger sur ces surfaces planes sans végétation et en pente faible : érosion en nappe qui se résout, à quelque distance, en érosion en ravines. La culture du coton ne retient pas le sol mais la végétation naturelle, très peu abondante, ne le faisait guère mieux (les plages et touffes de petites graminées jouent un rôle important cependant en saison des pluies).

Les irrégularités de surface créées par sous-solage, billonnage et sarclage limitent considérablement l'érosion en nappe et donc l'érosion en ravines qui lui fait suite. L'ameublement superficiel n'est donc pas un inconvénient.

L'érosion en ravines est bien plus dangereuse et difficile à stopper : toute tranchée même peu profonde est une ligne de départ ; les fossées de route en sont un exemple très fréquent. Les surfaces qui bordent les routes à fossés doivent être l'objet d'une surveillance particulière et de travaux anti-érosifs. Une culture qui retient mieux le sol y serait préférable.

Il faut aussi étudier avec précision le tracé des fossés de drainage autour de secteurs sous-solés.

Transformation chimique : Elle est difficile à mettre en évidence : absence d'études suivies dans le temps - Hétérogénéité des Hardés d'un point à un autre.

L'évolution des surfaces de Hardés sous culture cotonnière après sous-solage devrait faire l'objet d'études et expérimentations pendant plusieurs années par un agro-pédologue installé sur place. L'étude de l'évolution des sols appelés karals sous différentes cultures pourrait éventuellement être menée de pair.

Les expérimentations pourraient porter sur :

- la distance optimum entre deux passages de la sous-soleuse.
- technique et intensité du bris des mottes.
- opportunité d'un labour après sous-solage et sa répétition ultérieure.
- fréquence des sarclages, leur rôle dans l'économie de l'eau.
- évolution chimique en monoculture (coton), opportunité d'un assolement.
- amélioration après sous-solage apportée par d'autres cultures.
- profils hydriques sur hardé primitif et sur hardé sous-solé.
- effet d'un sous-solage et billonnage parallèles (courbes de niveau).

Il ne faut pas perdre de vue que la multiplication de pratiques culturales, même souhaitables, peut nuire à la rentabilité de cette culture cotonnière, culture pauvre dans le Nord-Cameroun.

Les études dans un laboratoire spécialisé pourraient porter sur l'origine de la cohésion et dureté de ces sols, et des remèdes possibles à lui apporter. La silice colloïdale joue-t-elle un rôle dans cette cimentation ? en saison sèche seulement ou de façon définitive ? Sa mise en place éventuelle est-elle en relation avec la présence de sodium ? Pourquoi des sols apparemment analogues se délitent-ils au contraire instantanément à l'eau (région de Yagoua) sans qu'aucune différence notable apparaisse dans leur composition chimique ?

IX - CONCLUSION

Les trois sortes de profils distingués sont assez bien typés ; mais on les rencontre l'un à côté de l'autre.

- type FH 8 : mince horizon A₂ poudreux, à faible profondeur.
Décarbonatation.
pH acide dans les horizons supérieurs.
Horizon massif réduit ou inexistant.
Colonettes.
A vérifier : teneur un peu plus élevée en matière organique.
- type FH 1 : Horizon lessivé réduit(érosion) ; faible indice de lessivage.
Structure prismatique ; rarement un horizon massif en dessous.
- type FH 6 : Horizon massif épais coïncidant avec une teneur élevée en Na échangeable (et Mg).
Pas de structure prismatique.
Indice de lessivage élevé.
Accumulation de carbonates souvent haut dans le profil.

Tous contiennent du magnésium échangeable en quantités importantes et des concrétions noires. On observe des profils intermédiaires entre ces trois types.

Le type FH 1 semble dériver de 6 par érosion ; FH 8 par solodisation et décarbonatation ; de FH 6 à FH 8 on constate une disparition de l'horizon massif, diminution du sodium échangeable, décarbonatation de la partie supérieure du profil et acidification.

L'érosion, en éliminant le résidu acide de lessivage augmente le pH de surface, décourage la végétation, facilite peut être la structure prismatique.

Sous quelle influence se produit la solodisation puisque les sols qui la présente sont les moins riches en sodium échangeable et aussi en magnésium ?

Cette solodisation paraît s'accompagner d'une décarbonatation.

Si l'on se base sur le nombre de profil rencontrés par type : le type FH 6 est le plus fréquent, 1 est fugace ; 8 est rare et de faible extension latérale. Leur loi de répartition n'a pas été décelée.

La classification de l'ensemble de ces Hardés (Sols Halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis) doit alors être dans le sous-groupe "sans colonettes" mais dans un faciès :

" tendant de place en place à la solodisation".

Les profils décrits au Tchad (bibliographie n° s 2 et 3) sont plus évolués vers la solodisation ; ils sont voisins du type FH 8 mais avec une ségrégation plus poussée.

Faute d'analyses appropriées nous apportons peu d'éléments sur l'origine de la compacité et dureté de ces sols ; elle semble due à l'alcalisation qui aurait induit une cimentation.

Cette compacité est la cause principale de la raréfaction de la flore (imperméabilité donc absence de stockage de l'eau) ; les individus les plus vigoureux ont seuls résisté et pu assurer leur succession. Localement ils maintiennent autour d'eux un petit désert circulaire. Des petites graminées s'installent en saison des pluies ; elles se contentent de l'horizon lessivé pour leurs racines. Le pH est encore acide dans les premiers horizons et ne doit donc pas intervenir.

La faune, elle aussi, semble avoir été découragée.

Les Hardés étudiés se développent sur un matériau précis ; il contient des argiles à capacité d'échange élevée et il est riche en sodium, magnésium et calcium.

Le sous-solage nous paraît actuellement la meilleure méthode de récupération de ces surfaces ; il n'est efficace que s'il est suivi de pratiques appropriées.

Par leur horizon massif les Hardés réalisent dans le paysage des plaques presque imperméables induisant un type d'érosion (en nappe et ravines). Celui-ci est capable d'assurer leur disparition.

Or la présence de sels solubles et les phénomènes de carbonatation localisation de sesquioxydes etc s'observent jusque dans cet horizon lui-même ; des circulations de solutions ont donc présidé à l'évolution de ces sols.

Par ailleurs on observe partout en profondeur un horizon bariolé à caractère hydromorphe ; il paraît peu actuel ; estompage des teintes, indépendance de la structure, pas d'eau à la fin d'Août.

Même s'il est occupé par une nappe temporaire l'alimentation de celle-ci est alors presque totalement extérieure au Hardé.

L'horizon massif réalise ainsi un double écran : à la remontée d'éléments contenus dans cette nappe possible (nécessité d'une étude en fin de saison des pluies) ; à la circulation descendante des solutions.

La cimentation, stade de l'évolution de ces sols ou phénomène indépendant les a donc figés.

Il est important alors de distinguer dans ces sols les caractères ou horizons antérieurs à cette fossilisation (structure potentielle de l'horizon massif, cet horizon hydromorphe etc.) des phénomènes actifs qui lui succèdent (gradient de structure, solodisation ? etc).

L'étude de ces Hardés met en présence de sols dont les caractères acquis par un horizon déterminent à la fois le mode d'érosion qui détruit ses affleurements, la fossilisation d'une partie du profil antérieur et la modification de son évolution.

X . BIBLIOGRAPHIE

- 1/ La classification des sols utilisée par les Pédologues Français en zone tropicale ou aride. G. AUBERT Chef du Service des Sols ORSTOM. Paris Sols Africains 1964 n° 1. p. 97 à 105. classe IX page 103.
- 2/ Demande de caractérisation analytique de Sols Halomorphes de type Solonetz et Solonetz Solodisés de la région d'Am-Dam (République du Tchad). G. BOCQUIER Centre ORSTOM de Fort-Lamy. 7P.
- 3/ Présence et caractères de Solonetz Solodisés Tropicaux dans le Bassin Tchadien G. BOCQUIER Centre ORSTOM de Fort-Lamy 9 p.
- 4/ Carte Pédologique du Nord-Cameroun (1/100.000e). Feuille Maroua P. SEGALEN Centre ORSTOM de Yaoundé 66 pages, p. 126. Novembre 1962.
- 5/ Problèmes d'utilisation des Sols au Nord-Cameroun. D. MARTIN Centre ORSTOM de Yaoundé 1960. p. 117 26 pages.
- 6/ Les Sols Halomorphes et leur végétation par Léon BERNSTEIN US Salinity Laboratory Riverside California 47 p. UNESCO : Colloque Général sur les Problèmes de la zone aride. Paris - 11 Mai 1960 communication n° 6 47 p.
- 7/ Etudes particulière entreprises par l'IRCT pour conserver et améliorer la fertilité de certains sols du Nord-Cameroun.
Communication de l'IRCT Bureau des Sols Nov. 63 9 p.
- 8/ Photos aériennes au 1/20.000e mission AE 194 200 région de Maroua.
Hardé de Mogom : 4433 à 4437
1604 à 1606
1540 à 1544
Hardé de Moundour-Godola: 1025 à 1028.
- 9/ Etude Pédologique du Bassin alluvionnaire du Logone-Chari (Nord-Cameroun) J. PIAS et E. GUICHARD ORSTOM 2 parties 300 p.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de Chimie des Sols du Centre ORSTOM de Yaoundé : (Méthodes utilisées aux Services Scientifiques Centraux à BONDY).