

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE - MER

REPUBLIQUE GABONAISE

CENTRE DE LIBREVILLE

LES SOLS DES CACAOYERES
DU WOLEU - N' TEM

par D. MARTIN

Les Sols des Cacaoyères du Woleu - N'Tem

---- : ----

I N T R O D U C T I O N .	2
G E N E R A L I T E S .	3
Géomorphologie.	3
G é o l o g i e .	3
C l i m a t .	3
Orientation de la pédogénèse.	4
L E S S O L S .	5
Description de profils.	5
Caractéristiques morphologiques.	10
Caractéristiques physiques.	13
Caractéristiques chimiques.	15
L E S S O L S E T L A C U L T U R E C A C A O Y E R E .	20
Critères du choix des sols.	20
Amélioration des sols des cacaoyères.	20
Choix des sols à cacaoyers.	21
C O N C L U S I O N .	22
B I B L I O G R A P H I E .	24
A N N E X E S	25

Le Gouvernement gabonais a entrepris une importante action de rénovation de la production cacaoyère dans le Woleu-N'Tem: sur le terrain cette action se fait essentiellement par l'intermédiaire du B.D.P.A. A la demande conjointe de ce dernier et de la Direction de l'Agriculture, la Section de Pédologie du Centre ORSTOM de Libreville fut chargée d'étudier les sols actuellement sous cacaoyers.

Les buts de l'étude étaient les suivants:

- détermination des types génétiques de sols sous cacaoyers par une étude morphologique détaillée;
- prélèvement d'échantillons de type agronomique sous cacaoyères;
- analyse d'un nombre limité de caractéristiques physico-chimiques des sols;
- étude de corrélation entre caractéristiques des sols et les rendements pouvant déboucher sur des conseils pratiques permettant d'améliorer le rendement des cacaoyères et d'orienter le choix des sols pour de nouvelles plantations.

Les travaux sur le terrain ont fait l'objet de deux missions en mai et juillet 1968. Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de Pédologie de Libreville.

Le présent rapport n'est que provisoire car manquent encore les données analytiques concernant le potassium et le phosphore.

GENERALITES

Géomorphologie

Au point de vue géomorphologique le Woleu-N'Tem fait partie d'une vaste surface d'aplanissement très caractéristique de l'Afrique Centrale: celle-ci s'étend sur tout le sud du Cameroun et une partie de la R.C.A. et ne s'interrompt au Gabon que lorsqu'on se rapproche du cours de l'Ogooué. Le relief d'ensemble très mou s'étage entre 550 et 650 m. et ne s'interrompt que par la présence d'inselbergs rocheux plus ou moins abondants (particulièrement nombreux à l'ouest et nord-ouest d'Oyem) ou de hautes collines (650 à 700 m.) en sols profonds (région de Minvoul). Dans le détail il s'agit d'une succession de petites collines de largeur et de dénivellation variable, qui font que les zones planes ou en faible pente sont finalement assez rares et se limitent au sommet des collines. Excepté à la limite des bassins versants du Woleu-N'Tem, ces collines sont séparées par des vallées marécageuses qui prennent une grande extension quand on se rapproche de ces deux cours d'eau.

Géologie

Les formations géologiques de la région étudiée appartiennent toutes au complexe cristallin et cristallophylien de granite et de vieilles roches métamorphiques. La composition chimique de toutes ces roches qui peuvent être de faciès différents est assez voisine et n'influe que faiblement sur les sols. Seuls des faciès moins siliceux et plus riches en éléments calco-magnésiens, pouvant aller jusqu'à des filons de roches franchement basiques, peuvent donner des sols nettement différents.

Climatologie.

Le climat est typiquement équatorial par sa répartition pluviométrique et sa température moyenne élevée pendant toute l'année avec de faibles amplitudes aussi bien annuelles que journalières. Les principales caractéristiques en sont:

- pluviométrie de 1500 à 1800 mm. répartis en quatre saisons bien tranchées: les mois les plus pluvieux sont octobre et mai et les plus secs juillet et janvier;

- température moyenne annuelle de 23° tempérée par l'altitude avec minimum d'été;
- humidité relative toujours élevée et ne descendant que rarement en dessous de 70%.

Un tel climat est dans l'ensemble favorable au cacaoyer, tout au moins pour la zone étudiée au nord d'Oyem.

Orientation de la pédogénèse.

Géomorphologie, géologie et climatologie sont les principaux facteurs qui orientent la pédogénèse: aussi, ceux-ci étant pratiquement constants dans toute la zone étudiée du Woleu-N'Tem, ne faut-il pas s'étonner de la grande homogénéité des sols.

L'ancienneté de la surface, sur laquelle on se trouve, fait d'abord qu'il s'agit de sols très vieux. La constance vraisemblable d'un climat équatorial pendant une longue période en fait des sols ferrallitiques profonds et très évolués, dans lesquels la ferrallitisation a enlevé tous les éléments minéraux de la roche-mère, en ne laissant comme constituant du sol que des minéraux argileux du type kaolinite et des hydroxydes de fer et d'aluminium. La présence d'un niveau induré, qui paraît assez généralisé mais toujours profond sauf aux bas de pente, est à mettre en relation avec une période de climat plus tropical, mais, elle aussi, très reculée dans le temps. Depuis cette induration on ne peut déceler qu'une évolution très limitée sous climat équatorial et sous végétation forestière.

Le type de sols le plus répandu est ainsi un sol ferrallitique fortement désaturé typique jaune dont on a pu différencier des variétés d'après la compacité de l'horizon B et l'aspect de l'horizon humifère. Quelques profils, souvent en position topographique particulière, sont à mettre dans le groupe appauvri, tandis qu'un seul profil devrait se rattacher aux sols ferrallitiques moyennement désaturés évolués.

L E S S O L S

DESCRIPTIONS DE PROFILS

Sol ferrallitique typique jaune

Le type de sol le plus répandu présente un horizon B2 de compacité normale: nous décrirons deux profils se différenciant par la couleur de l'horizon humifère.

OMC 9

Cacaoyère de 30 ans à couverture de graminées. Sommet de collines plat. Faible litière.

0 à 7 cm. Brun gris foncé à brun foncé (7,5 YR 3/1); argilo-sableux
A 11 grossier et fin; structure nuciforme moyenne peu développée; friable et moyenne porosité tubulaire et d'agrégats; assez nombreuses fines racines. Transition tranchée.

7 à 12 cm. Brun foncé à brun (7,5 YR 4/2); argilo-sableux grossier et
A 12 fin; structure nuciforme à polyédrique moyenne peu développée; friable et assez poreux par tubes; encore quelques racines.

12 à 18 cm. Horizon de transition de couleur à limites nettes de plus
A/B ou moins gris, assez bien structuré.

18 à 35 cm. Brun (7,5 YR 5/4) avec nettes pénétrations irrégulières de
B1 plus gris; argilo-sableux à argileux; structure nuciforme à polyédrique moyenne bien développée; faces luisantes grises moyennement développées; friable à ferme et bonne porosité d'ensemble.

35 à 70 cm. Brun vif (7,5 YR 5/6); argileux; structure polyédrique fine,
B21 moyennement développée toujours des faces luisantes grises nettement visibles; friable à ferme; assez poreux. Transition distincte.

70 à 150 cm. Brun vif (7,5 YR 5/7 à 5/8); argileux; structure polyédrique
B22 fine peu développée; friable à ferme et bonne microporosité tubulaire.

OMC 25

Cacaoyère de 15-20 ans avec bonne couverture de feuille au sol et quelques fougères.

Parfaitement plat en sommet de collines.

Fine couche particulière de 0,3 à 0,5 cm d'épaisseur dans le chevelu racinaire: poudre fine et sables fins déliés.

0 à 6 cm. Brun foncé à brun (7,5 YR 4/4); argilo-sableux grossier et
A 11 fin; structure nuciforme à polyédrique moyenne, bien développée; friable; bonne microporosité avec termites, sables fins peu colorés déliés à la surface des agrégats vers la surface; très nombreuses fines racines sur 1 cm. puis de racines de diamètre variée jusqu'à 2-3 cm. Transition tranchée.

6 à 18 cm. Brun (7,5 YR 4,5/4) bien homogène; argileux; structure nuciforme à polyédrique moyenne bien développée; friable; bonne microporosité tubulaire et moyenne d'agrégats; rares racines de 0,2 à 0,8 cm. de diamètre.
A 12

18 à 30 cm. Brun à brun vif (7,5 YR 5/5); argileux; structure polyédrique fine bien développée; friable; bonne microporosité tubulaire.
B 1 Transition distincte.

30 à 70 cm. Brun vif (7,5 YR 5/6); argileux; structure polyédrique fine bien développée; friable; bonne porosité d'ensemble; faces d'agrégats très légèrement plus grises sur pseudo-faces verticales.
B 21

70 à 120 cm. Brun vif (7,5 YR 5/7) idem B21.

Est commun aux deux profils la présence d'un horizon B argileux à structure polyédrique fine, bonne porosité et friable caractéristique des sols ferrallitiques typiques.

Par contre les horizons humifères sont assez différents:

- OMC 9 a un horizon humifère nettement gris (7,5 YR 3/1) à faible chroma et une structure moyennement développée: cette matière organique pénètre profondément dans le profil et est encore bien visible dans l'horizon B1 sous forme de faces luisantes grises.
- OMC 25 a au contraire un horizon humifère brun (7,5 YR 4/4) à chroma élevé et on n'observe pratiquement pas de pénétration de matière organique.

Nous verrons plus loin à quoi correspond cette différenciation.

Un deuxième type de profil correspond à la présence d'un horizon B beaucoup plus compact que dans les cas précédents.

OMC 26

Cacaoyère de 20 ans à très faible production. Recru varié de

Litière de feuilles et débris divers passant à un abondant chevelu racinaire qui englobe A11.

- 0 à 2-3 cm. Brun foncé (7,5 YR 4/2); argilo-sableux fin et grossier;
A 11 structure variable à tendance grumeleuse fine à particulaire dans la masse du chevelu racinaire ou plus nuciforme quand les agrégats sont mieux constitués; friable; bonne porosité d'ensemble; nombreuses fines racines; assez bonne activité de termites; sables fins peu colorés visibles. Transition tranchée.
- 3 à 8-10cm. Brun (7,5 YR 5/4); argileux avec sable fin; tendance massive
A 12 donnant agrégats nuciformes peu visibles; friable à ferme; moyennement poreux; rares racines. Transition distincte.
- 10 à 20 cm. Brun vif (7,5 YR 5/6); argileux avec sable fin; structure
B1 polyédrique fine typique; friable; bonne microporosité tubulaire et moyenne d'agrégats; pas de racines. Transition distincte.
- 20 à 60 cm. Brun vif (7,5 YR 5/7); argileux; structure polyédrique fine
B21 typique bien développée; friable; bonne microporosité tubulaire; enduits luisants assez visibles et séparant les macro-agrégats.
- 60 à 130 cm. Brun vif (7,5 YR 5/8) à peu près idem B21; en même temps friable
B22 et assez compact dans tout le profil.

Cette compacité est surtout appréciable dans l'horizon B2 mais n'exclut pas une structure polyédrique fine assez friable et une bonne porosité: il s'agit souvent d'une caractéristique assez difficile à apprécier mais néanmoins réelle. Dans le profil décrit elle ne s'accompagne d'aucune autre caractéristique morphologique comme la présence de taches d'hydromorphie.

Plus de 80% des profils observés appartiennent aux types décrits ci-dessus, qui forment donc l'essentiel des sols des cacaoyères du Woleu-N'Tem. Du point de vue morphologique, on peut considérer que les sols de ce type conviennent au cacaoyer en fonction des critères suivants:

- bonne profondeur de sol utilisable sans éléments grossiers pouvant empêcher la pénétration du pivot: la plupart des profils ont été observés jusqu'à 1,5 m. et les quelques sondages effectués ont permis de s'assurer que la couche graveleuse est toujours inférieure à 2 m. et n'a plus d'influence sur l'enracinement du cacaoyer.

- bonne texture argileuse assurant une rétention d'eau suffisante en profondeur pour permettre au cacaoyer de ne pas souffrir du manque d'eau pendant les saisons sèches; la texture n'est pas trop argileuse en surface et permet aussi une bonne pénétration de l'eau sans ruissellement excessif.
- structure des horizons profonds assurant un bon drainage interne malgré la texture argileuse; le problème du drainage ne pourrait se poser que pour les sols à horizons B compact, qui seraient donc en principe un peu moins favorable.

Sol ferrallitique appauvri jaune

Nous n'avons observé que quelques profils de ce type de sol mais celui-ci est assez caractéristique pour être décrit.

OMC 17

Cacaoyère de 20 ans. Sommet de plateau parfaitement plat.

Belle couche de feuilles de cacaoyers en décomposition qui paraissent s'incorporer normalement au sol et font transition à fin chevelu racinaire dense.

0 à 3 à 5 cm. A11 gris foncé très finement grumeleux à particulaire dans le A11 et A12 chevelu racinaire; puis A12 gris foncé à brun gris foncé (10 YR 4/1,5); sable grossier et fin argileux; aspect massif à structure nuciforme fine très mal définie; friable; peu poreux. Transition brutale.

L'épaisseur de A1 peut atteindre 10 à 12 cm. dans la plantation.

5 à 17 cm. Brun à brun jaune (10 YR 5/3 à 5/4); sable fin et grossier (variable) argileux; aspect massif à structure polyédrique artificielle; A2 friable; faible microporosité tubulaire, pas de porosité d'agrégats. Transition tranchée.

17 à 35 cm. Brun jaune à brun vif (8,75 YR 5/6); argilo-sableux fin et B1 grossier; structure polyédrique moyenne, moyennement développée; friable, microporosité nettement meilleure; pas de faces luisantes. Transition distincte.

35 à 80 cm. Brun jaune à brun vif (8,75 YR 5/7); argileux; structure polyédrique moyenne, bien développée; friable à ferme; micro-porosité d'ensemble moyenne; faces luisantes à peine plus grises sur faces d'agrégats, possibilité de revêtements argileux par petites cupules sur faces d'agrégats.

80 à 120 cm. Brun vif (7,5 YR 5/7); argileux; structure polyédrique moyennement développée; assez nets ombrages rouille sur certaines faces d'agrégats, petits agrégats nettement rouille mais n'atteignant jamais le stade concrétions. Compacité assez forte au piochon en B2.

Le profil est caractérisé par la présence d'horizons beaucoup plus tranchés que dans les profils précédents:

- horizon A1 nettement gris et très mal structuré;
- présence d'un horizon A2 peu structuré
- assez forte compacité d'ensemble de l'horizon B2 qui présente de nets indices d'hydromorphie.

On peut considérer un tel profil comme un stade très évolué des profils à horizon B2 compact décrit précédemment: les caractéristiques de l'horizon B2 en font des sols nettement moins favorables aux cacaoyers, en particulier à cause du mauvais drainage interne. Cependant les quelques cacaoyères observées sur de tels sols n'ont pas montré un moins bel aspect que celles observées sur sols à horizon B2 normal: il n'en reste pas moins qu'il n'y a pas intérêt à risquer un échec de la plantation sur de tels sols.

Le classement dans le groupe appauvri se justifie morphologiquement et les analyses le confirmeront, par l'existence d'un net horizon appauvri d'au moins 35 cm. d'épaisseur.

Sol ferrallitique moyennement désaturé pénévolué.

Un seul profil de ce type de sol a été observé sur une haute colline de la région de Minvoul: géomorphologie et géologie contribuent vraisemblablement à cette différenciation.

OMC 36

Belle cacaoyère de 13 ans à bonne productivité.

Sommet à peu près **plat** de haute colline.

Mince chevelu racinaire très fin et juste en surface.

- 0 à 3 cm. Brun rouge foncé (5 YR 3/2); argilo-sableux; bonne structure A11 nuciforme bien exprimée et bien développée; friable à ferme; bonne microporosité tubulaire et moyenne d'agrégats; racines de diamètre varié. Transition brutale.
- 3 à 8 cm. Brun rouge foncé (5 YR 3/4); argilo-sableux à argileux; structure plus polyédrique que nuciforme, très bien développée; friable à ferme; très forte microporosité tubulaire et bonne d'agrégats. Transition tranchée.
- 8 à 25 cm. Brun rouge (5 YR 4/4); argileux; bonne structure polyédrique à nuciforme moyenne; friable à ferme; très bonne microporosité tubulaire et moins bonne d'agrégats. Transition distincte.
- 25 à 120cm. Rouge jaune (5 YR 4/6 puis 4/7 et 4/8); argileux; structure polyédrique moyenne bien développée; assez ferme et compact par texture argileuse; bonne microporosité tubulaire; quelques plaques planes et lisses à peine plus grise mais effet de contrainte plutôt que revêtements.

Le profil se caractérise surtout par la très bonne structure assez grossière et bien développée de l'horizon B2 à comparer avec la structure polyédrique fine et peu développée des sols ferrallitiques typiques ou appauvris: malgré la texture assez argileuse, ce type de structure assure cependant un très bon drainage interne et on n'observe aucun phénomène d'hydromorphie. Ce sont surtout les caractéristiques chimiques de ce profil qui en font un excellent sol à cacaoyer, mais la morphologie même du profil ne présente de son côté aucune contre-indication: les résultats analytiques confirmeront le classement de ce profil dans la sous-classe moyennement désaturé, groupe pénévolué.

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES⁽¹⁾

Couleur de A1⁽²⁾

La majorité des profils se situe dans la planche 7,5 YR: 6 profils seulement sont dans la planche 10 YR. De même les valeurs sont en grande majorité de 4. Seul le chroma permet de différencier les deux types d'horizons organiques que nous avons décelés sur le terrain: la fig. 1 en donne la répartition. Nous avons essayé de relier le chroma de l'horizon A1 avec la présence de revêtements gris dans l'horizon B2 comme

(1) - Les observations ont porté sur 37 profils, mais quelques données sont parfois inutilisables.

(2) - Dans la nomenclature MINSÉL pour la notation 7,5 YR 5/6 7,5 YR 4/6

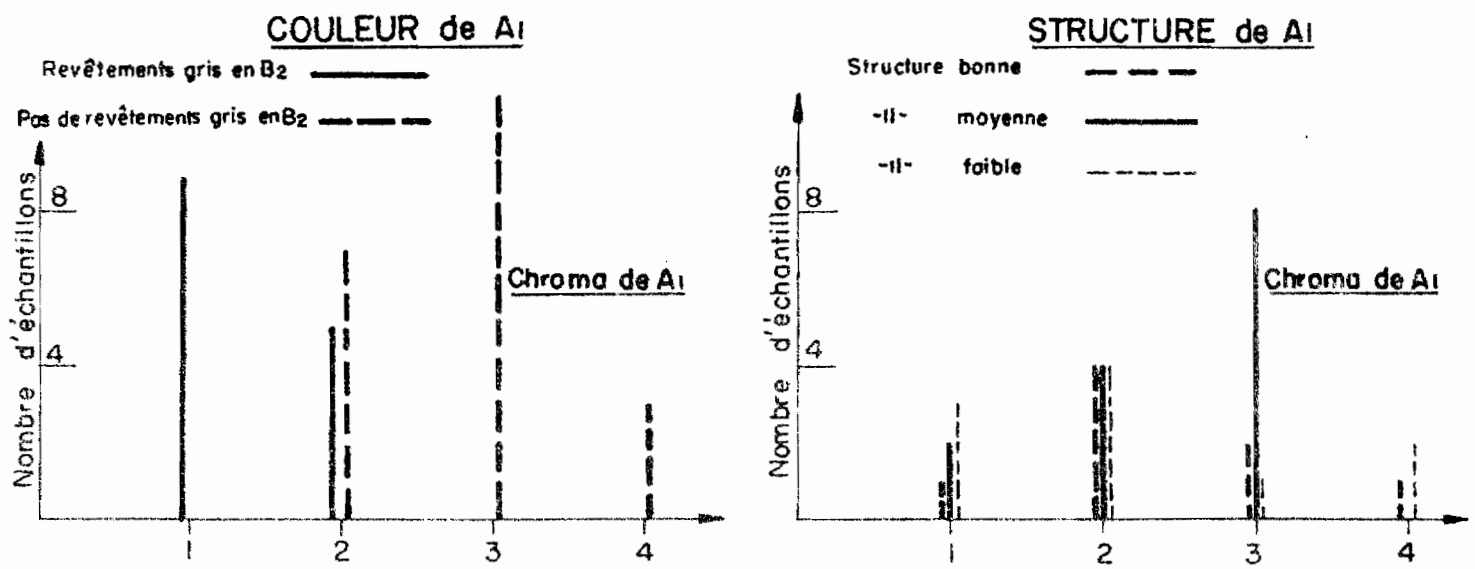


Fig. 1

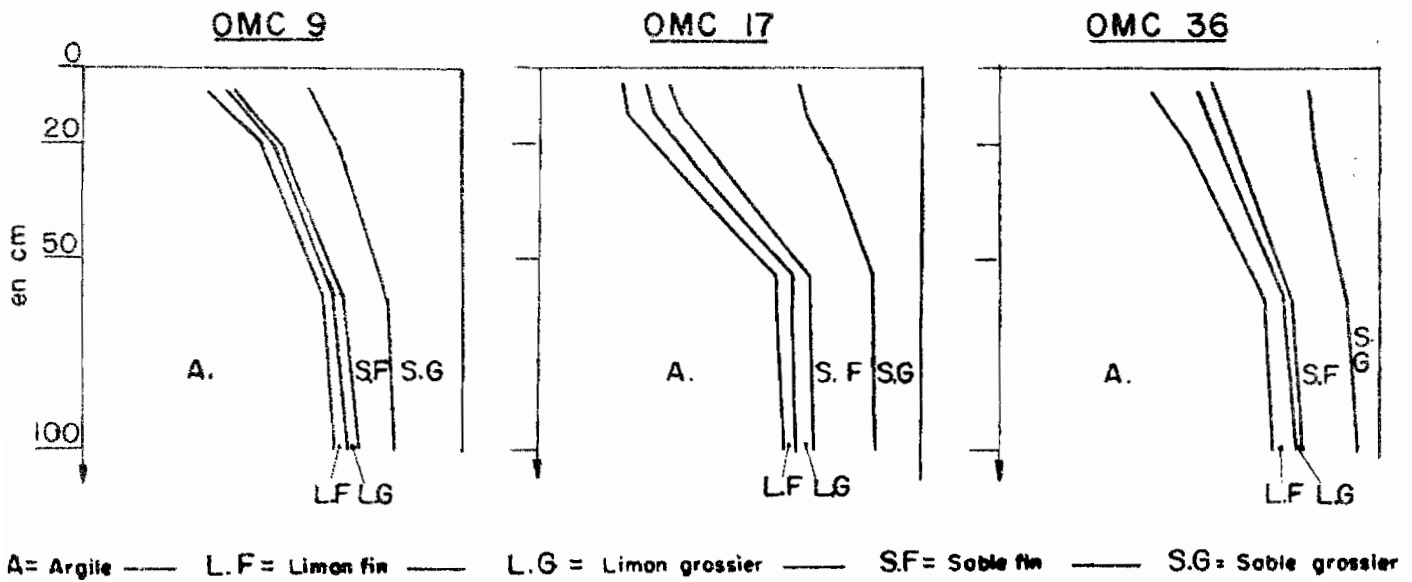
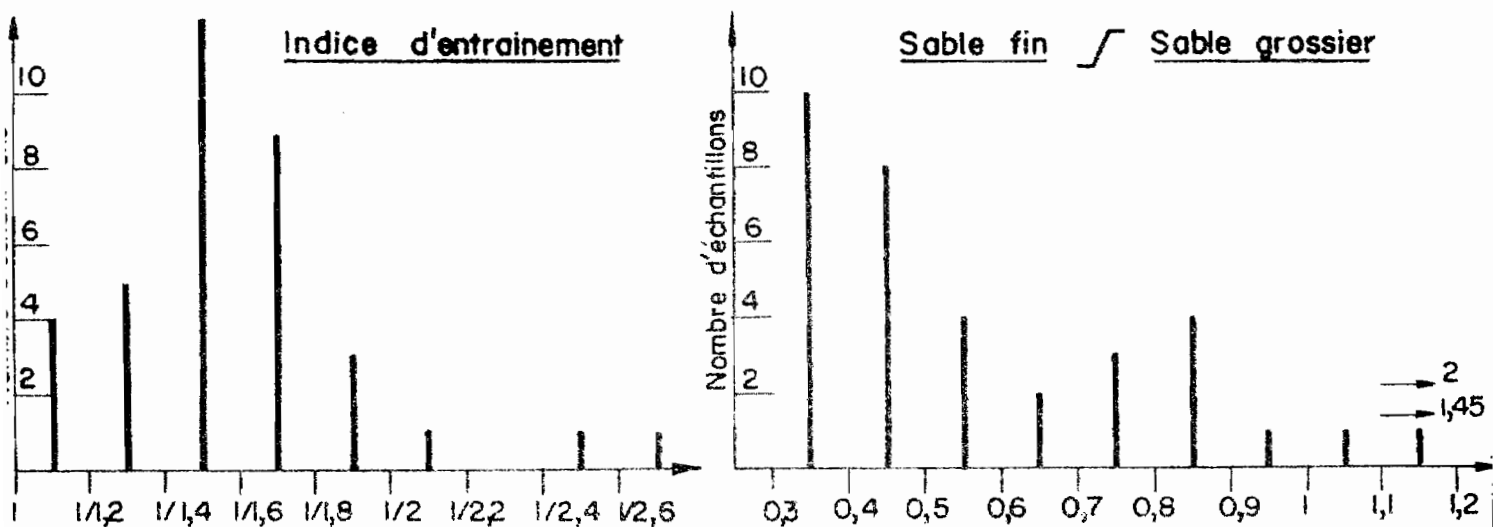


Fig. 2



décrits dans le profil OMC 9. Il s'avère que les bas chromas sont nettement favorables à la présence de revêtements gris, mais il n'y a pas de limite tranchée entre profils avec ou sans revêtements gris et chroma de l'horizon A1: il n'en reste pas moins que la matière organique à bas chroma a tendance à migrer plus facilement ou tout au moins à mieux marquer les horizons B2.

Il n'a pas été possible non plus de relier formellement la couleur de l'horizon A1 et les antécédents cultureux de la cacaoyère ou la végétation actuelle sous la cacaoyère. Il semble cependant que les horizons gris (bas chroma) sont à mettre en relation avec les zones de jachères fréquemment et récemment cultivées avec brûlis, tandis que les horizons bruns (chroma élevé) correspondraient aux zones de forêts plus anciennes récemment défrichées: nous essayerons de voir plus loin si cette distinction morphologique se répercute sur les caractéristiques chimiques de la matière organique et si elle joue un rôle dans la productivité des cacaoyères.

Couleur de B2

L'horizon B2 est beaucoup plus homogène que l'horizon A1: la plupart des profils entre dans la planche 7,5 YR, ce qui justifie l'appellation générale de sol ferrallitique jaune; la valeur est presque toujours de 5 et le chroma est compris entre 6 et 8 et augmente en profondeur.

Seul le profil OMC 36 (sol ferrallitique pénévolué) tranche nettement par sa couleur rouge-jaune (planche 5 YR), confirmant ainsi son originalité.

Structure de A1.

On a essayé d'établir une corrélation entre la structure de l'horizon A1 divisé en trois classes (faible, moyenne et bonne) et d'une part le chroma de l'horizon A1 (fig. 1) et d'autre part la couverture végétale de la cacaoyère (pas d'herbes, fougères, graminées). Aucune corrélation n'a pu être décelée: les facteurs qui influent sur la structure comme la teneur en argile et en matière organique sont trop variées pour avoir une influence décelable et il en est de même pour la végétation actuelle et les antécédents cultureux.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Texture.

La texture de ces sols est dans l'ensemble argileuse, mais les teneurs élevées en argile ne sont atteintes qu'à une certaine profondeur. En surface (horizon A1) les taux d'argile sont assez variables puisqu'ils s'étalent entre 30 et 55% alors qu'en profondeur (horizon B2) ils se groupent entre 55 et 65%: la différence du taux d'argile entre surface et profondeur se caractérise par l'indice d'entraînement pour l'horizon A1 = $\frac{\text{Argile A1}}{\text{Argile B2}}$. La fig. 3 donne l'histogramme de cet indice pour les profils étudiés: il est relativement élevé pour l'horizon A1 puisque compris entre 1/1,2 et 1/1,8. Cet indice élevé ne se maintient cependant pas dans l'horizon B1 (15-25 cm) où il est généralement égal ou inférieur à 1/1,4. Seules exceptions les deux profils classés morphologiquement comme "sols ferrallitiques appauvris" présentent des indices élevés et compris entre 1/1,8 et 1/2,9 sur au moins 30 cm., ce qui justifie leur classification. Les profils granulométriques de la fig. 2 rendent bien aussi la différence entre sol ferrallitique typique (profil OMC 9) et sol ferrallitique appauvri (profil OMC 17): le profil OMC 36 (sol ferrallitique pénévulé) montre une texture un peu plus riche en argile et en limon fin et un profil granulométrique voisin de celui du sol ferrallitique typique.

Le rapport Limon fin/Argile, qui a souvent servi à caractériser les sols ferrallitiques selon leur degré d'évolution, n'a pas été spécialement étudié: il est uniformément bas, caractérisant ainsi des sols ferrallitiques très évolués, et ne s'élève que très légèrement dans le profil de sol ferrallitique pénévulé (OMC 36).

L'étude du rapport Sable fin/ Sable grossier offre plus d'intérêt: ce rapport est d'abord assez constant dans le profil, pour qu'on puisse utiliser la moyenne des trois horizons analysés, qui a servi à établir l'histogramme de la fig. 3.

Les différents profils se groupent ainsi:

- S.F./S.G. inférieur à 0,6, donc à nette dominance de sable grossier.
- S.F./S.G. compris entre 0,6 et 0,9, à faible dominance de sable grossier
- S.F./S.G. supérieur à 1, à dominance de sable fin.

Le rapport S.F./S.G. semble jouer un rôle non négligeable dans le drainage interne du sol: c'est en effet dans les profils à horizons compacts ainsi que dans les sols ferrallitiques appauvris hydromorphes que l'on trouve les rapports S.F./S.G. les plus élevés, sans que la corrélation soit d'ailleurs absolue. La présence de sable grossier (diamètre com-

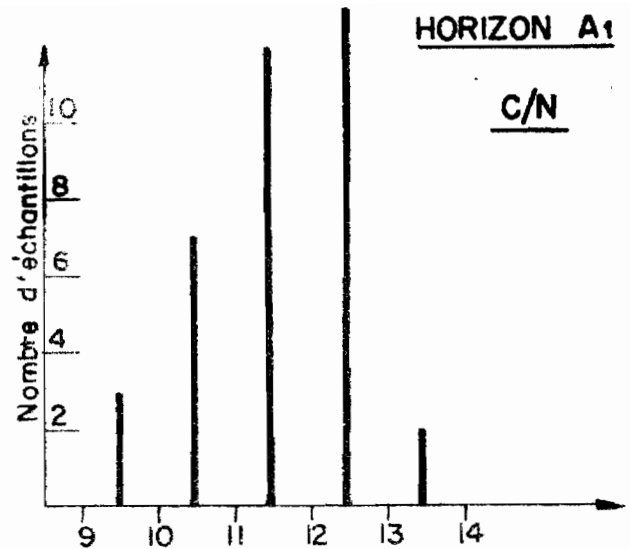
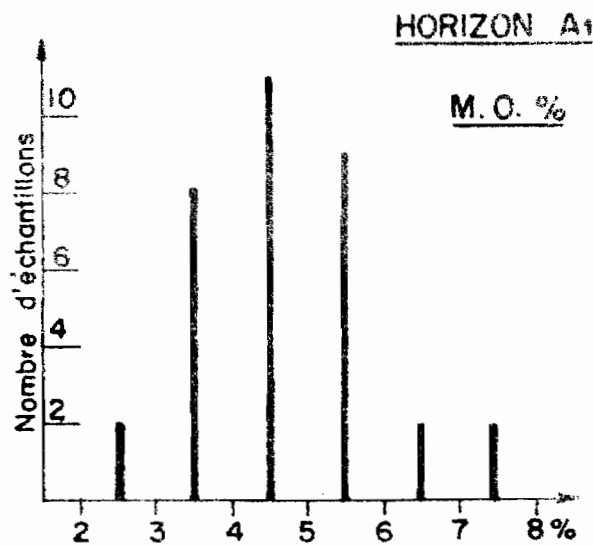
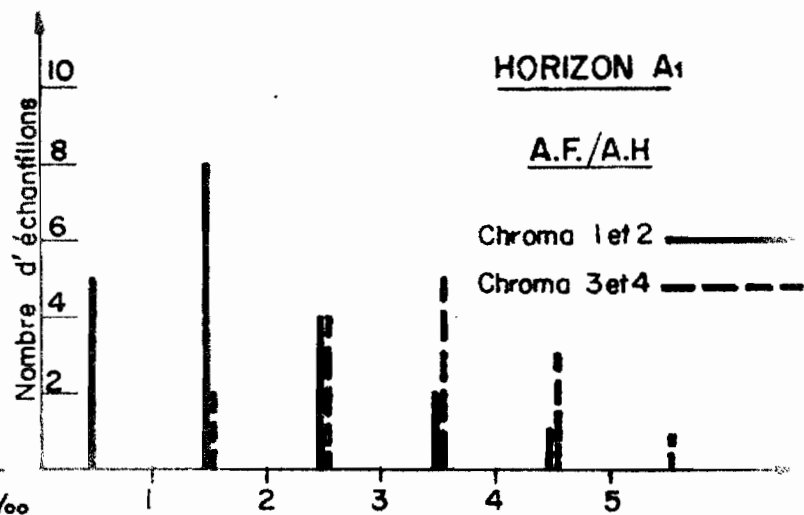
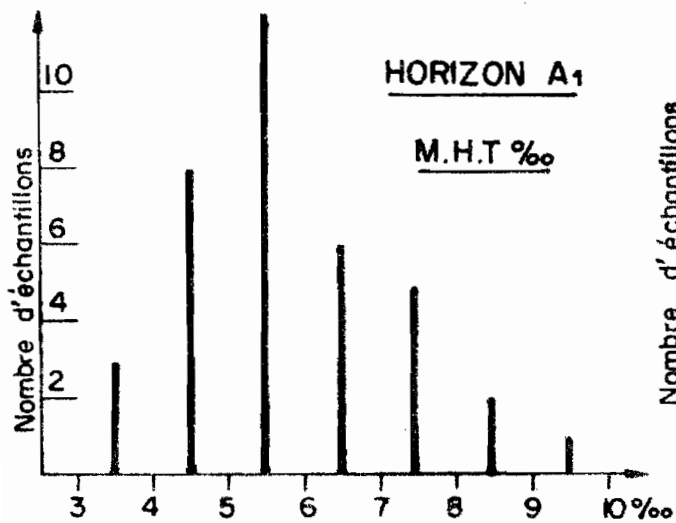


Fig. 4



M.O. = Matière organique. C/N = Carbone/Azote.

M.H.T. = Matière humique totale. A.F. = Acide fulvique. A.H. = Acide humique.

Fig. 5

pris entre 0,2 et 2 mm.) serait donc en liaison avec un bon drainage interne, tandis que les phénomènes de "compaction" puis d'hydromorphie qui semblent lui succéder seraient facilités par la présence de sable fin (diamètre compris entre 0,05 et 0,2 mm.). Le rapport S.F./S.G. serait donc un bon facteur de différenciation pour les sols ferrallitiques du Woleu-N'Tem quant à leur granulométrie et à leur aptitude à leur culture du cacaoyer, si l'on considère les sols à horizon compact et hydromorphe comme moins favorable au cacaoyer.

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES.

Matière organique et humique.

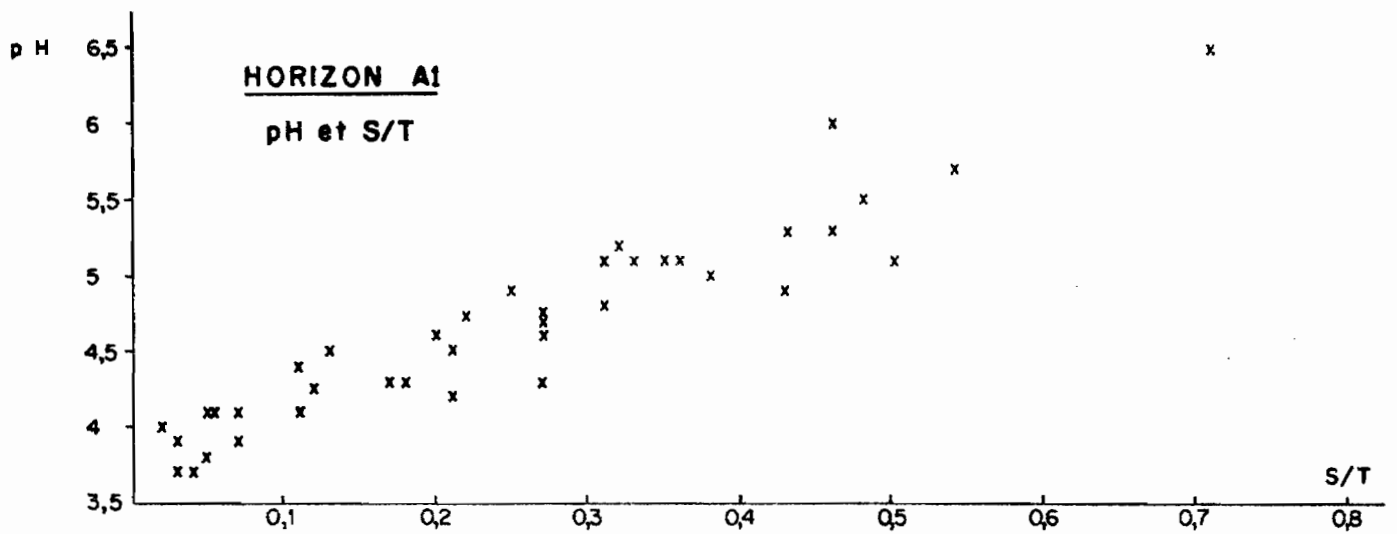
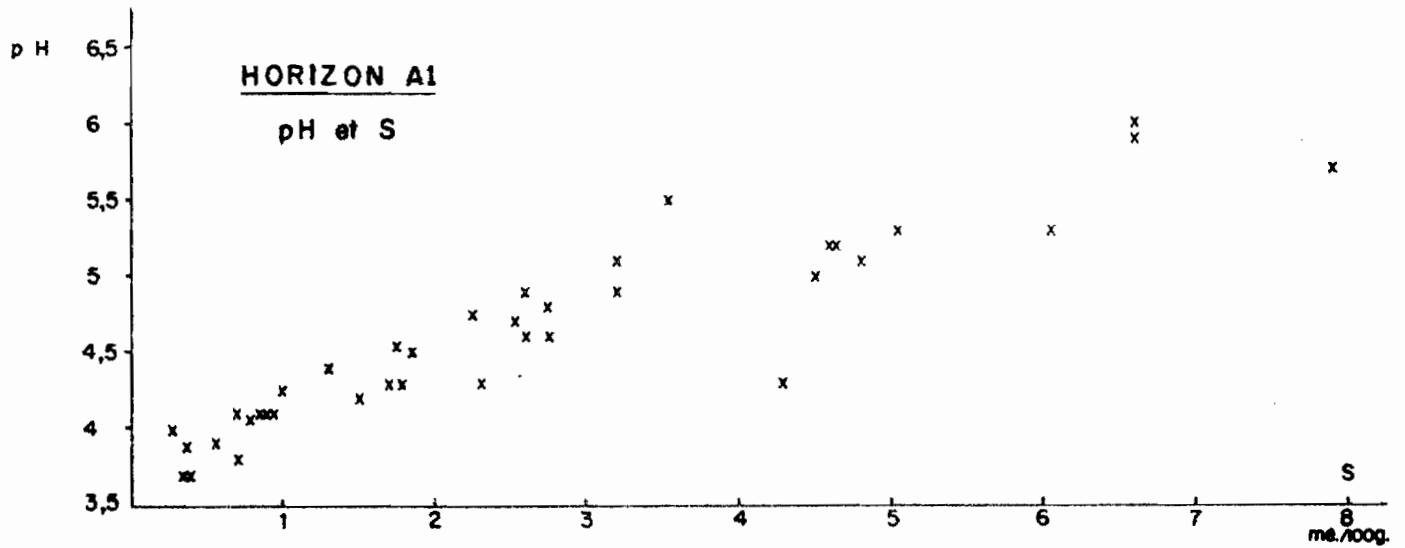
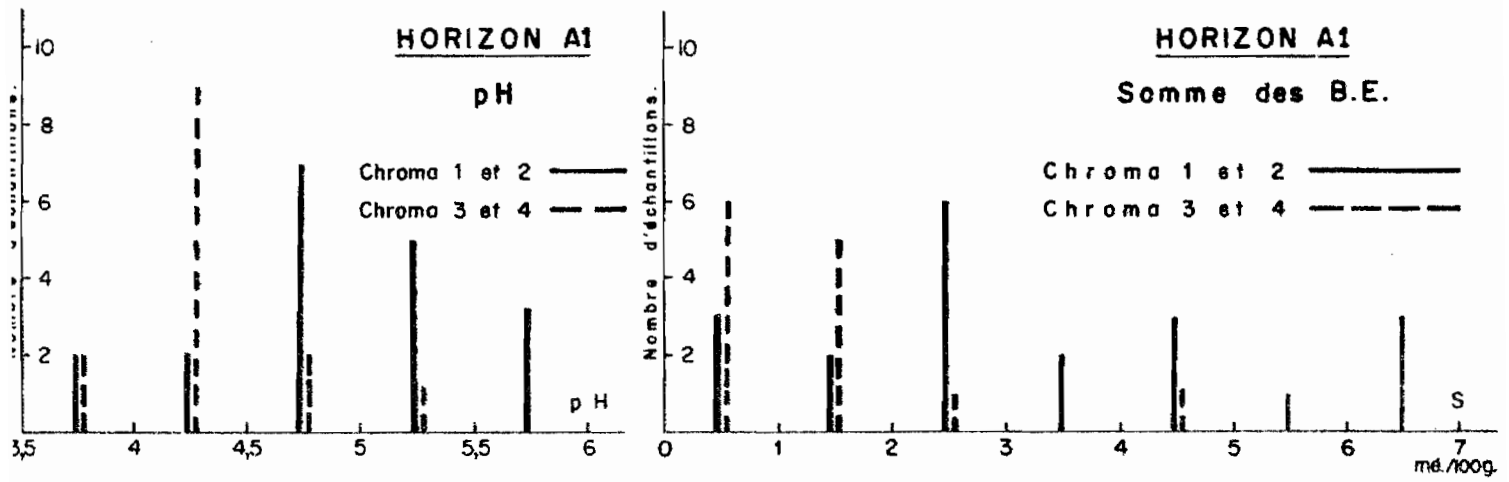
Les fig. 3 et 4 regroupent les histogrammes concernant la matière organique et la matière humique.

Les teneurs en matière organique sont comprises le plus souvent entre 3 et 6% dans l'horizon A1, ce qui constitue des taux appréciables. Les rapports C/N, qui varient entre 10 et 13, sont corrects dans l'ensemble: de tels rapports C/N sont l'indice d'une bonne activité biologique et les sols ne devraient pas normalement souffrir d'une déficience azotée marquée.

La matière organique est bien humifiée: les taux de matière humique totale de l'horizon A1 sont compris entre 4 et 8‰. Plus intéressante est la composition de cette matière humique et la relation qui existe avec la couleur de l'horizon: on note en effet une corrélation assez nette, sans être parfaitement significative, entre les bas chromas (chroma 1 et 2) et les faibles rapports acides fulviques/acides humiques (A.F/AH.). Si l'on pense que les bas chromas sont liés aux zones de jachères fréquemment et récemment défrichées et cultivées avec brulis, ce changement de végétation s'accompagne d'une diminution des acides humiques et d'une augmentation des acides fulviques. Au contraire les sols forestiers peu colorés présentent une dominance d'acides fulviques.

Capacité d'échange et bases échangeables.

La capacité d'échange T de l'horizon A1 est comprise entre 7 et 16 mé./100 g. La répartition des chiffres est très hétérogène et l'histogramme ne présente pas d'intérêt: les valeurs sont en effet sous l'influence conjuguée des teneurs en matière organique et en argile, elles-mêmes



assez variables. Les taux supérieurs à 10 mé./100 g. peuvent être considérés comme corrects: en dessous de ce chiffre ils sont un peu faibles.

La somme des bases échangeables S(1) présente une répartition hétérogène entre 0,5 et 7 mé./100 g.: c'est le principal critère d'appréciation de la richesse chimique des sols et de leur valeur pour la culture cacaoyère. Une étude faite il y a plusieurs années au Cameroun sur des sols et dans des conditions climatiques assez voisines a donné les résultats suivants (P. SEGALEN):

Production en g./pied	S en mé./100 g.
500 g. et plus	4 à 7
250 à 500 g.	2 à 5
moins de 250 g.	1 à 2,5

Des analyses faites au Ghana sur des plantations de rendement très hétérogènes ont montré également une assez bonne corrélation entre le rendement et la somme des bases échangeables (BURRIDGE et CUNNINGHAM). De même on attribue, en Malaisie, l'insuccès des cultures de cacaoyers à une nutrition carencée et déséquilibrée, particulièrement en calcium et magnésium. Par contre au Congo (Kinshasa), des sols à faible potentiel minéral se sont relevés bons producteurs (SMYTH). Au Gabon, toutes les plantations qui nous ont été indiquées comme ayant un très faible rendement, attribué le plus souvent à un "mauvais sol", se sont révélées avoir une somme de B.E. inférieure à 1 mé./100 g. Cependant la réciproque n'est pas toujours vraie: des plantations à rendement simplement moyen ont également un faible potentiel minéral. On peut cependant penser que, dans les conditions du Woleu-N'Tem, une étude précise des rendements éliminant tous les facteurs autres que le sol (mauvais entretien de la plantation, défaut de traitements phytosanitaires) montrerait une assez bonne corrélation entre les rendements et la somme des B.E.

La fig. 6 présente l'histogramme des valeurs de S réparties selon les chromas de l'horizon A1: cet histogramme montre d'abord un assez grand nombre de valeurs de S inférieures à 1 mé./100 g.; on observe d'autre part une corrélation non statistiquement significative mais néanmoins réelle

(1)- Il s'agit ici en fait et pour le moment de la somme Ca+Mg échangeable, en l'absence des chiffres de potassium échangeable: ceux-ci ne dépassant pas quelques 1/10 de mé./100 g. les calculs sont approchés, mais les raisonnements sont tout de même valables.

entre les faibles valeurs de S et les chromas élevés (chroma 3 et 4). Cette dernière indication est donc particulièrement importante pour le choix des sols à planter en cacaoyers.

Capacité d'échange et somme des bases échangeables diminuent fortement en profondeur, quand cesse l'influence de la matière organique. Ces valeurs, souvent très faibles, sont normales pour des sols à dominance de kaolinite et sous climat équatorial: il ne faut pas oublier cependant que l'essentiel de la nutrition minérale du cacaoyer est assuré par les racines superficielles, qui se limitent assez strictement à l'horizon A1.

pH et S/T

Les valeurs du pH pour l'horizon A1 s'étalent entre 3,7 et 6,5, mais en fait la majorité des pH est compris entre 4 et 5,5. Les valeurs inférieures à 4,5 et surtout à 4 peuvent être considérés comme basses. La plupart des auteurs dont HARDY (1960) considèrent que les cultures arbustives tropicales comme le cacaoyer, le caféier et le théier peuvent supporter des pH très acides. Cependant, sur sols très acides, on a pu observer des effets toxiques par suite de la forte assimilabilité du fer, du manganèse, de l'aluminium, du zinc et du cuivre: nous n'avons pas observé de tels symptômes au Gabon. En fait, au Woleu-N'Tem et dans le cas de pH très acides, c'est plus le manque d'éléments minéraux assimilables comme le calcium et le magnésium qui joue, que pH acide lui-même. Ces pH acides sont en effet un très bon indicateur de sols à faible potentiel minéral, comme le montre la bonne corrélation entre le pH et la somme S (fig. 7).

L'étude du degré de saturation (rapport S/T) n'apporte aucune indication supplémentaire, si l'on observe la bonne corrélation entre le pH et le rapport S/T (fig. 8).

Potentiel minéral.

La faiblesse générale du potentiel minéral de ces sols est le principal problème qu'ils posent. Avec les normes du Cameroun, le chiffre minimum de bases échangeables pour avoir des rendements élevés est de 4 mé./100 g. 27% seulement des sols de cacaoyères analysés atteignent ce chiffre; au contraire 43% des sols ont moins de 2 mé./100 g., soit une productivité maximum de 250 g./pied.

La détermination du potentiel minéral est basée essentiellement sur la somme des bases échangeables: en fait nous avons vu (fig. 7 et 8) que pH et S/T ont sensiblement la même signification et c'est, en particulier, la mesure du pH, la plus facile à effectuer, qui peut servir à déterminer rapidement ce potentiel.

Nous avons également noté une corrélation suffisamment nette, bien que non parfaitement significative, entre d'une part les faibles valeurs de S et les bas pH et d'autre part les chromas élevés de l'horizon A1: si l'on considère que les chromas élevés indiquent des sols forestiers non défrichés, on a là un critère utilisable dans le choix des sols à planter en cacaoyers.

LES SOLS ET LA CULTURE CACAOYERE

CRITERE DU CHOIX DES TERRES

Rappelons les critères retenus par VALLERIE (1966) dans un secteur du Cameroun très voisin du Woleu-N'Tem pour le choix d'un sol à cacaoyer:

- absence de niveau grossier ou induré sur au moins 60 cm. à 1 m. pour ne pas gêner la croissance du pivot;
- teneur en argile suffisante pour assurer une bonne capacité de rétention d'eau du sol et qu'il ne s'assèche pas trop profondément pendant les saisons sèches.
- teneurs en matière organique des horizons supérieurs au moins égales à 3% avec un taux d'azote supérieur à 1,5°/oo;
- somme des bases échangeables supérieures à 4-5 mé./100 g. dans l'horizon A1.

Les trois premières conditions sont facilement réalisés au Woleu-N'Tem; par contre les deux dernières ne le sont pas toujours. Quels seraient donc les moyens d'améliorer ces conditions dans les cacaoyères actuelles et quels sont les critères répondant à ces conditions pour les futures plantations ?

AMELIORATION DES SOLS DES CACAOYERES.

Le principal défaut des sols de cacaoyères analysés est une déficience minérale assez prononcé. Cette déficience est intrinsèque aux sols de la région et est due à l'action des divers facteurs qui orientent la pédogénèse:

- climat équatorial agissant depuis une très longue période et lessivant complètement les bases minérales;
- présence de minéraux argileux à faible capacité d'échange comme la kaolinite;
- richesse chimique moyenne des roche-mères.

Quand un de ces facteurs est modifié (roche-mère par exemple) le sol s'améliore nettement: cas des sols formés sur les hautes collines de la région de Minvoul, vraisemblablement en liaison avec des affleurements de roche plus basique.

Cette déficience minérale étant inhérente au sol, il est très difficile de la corriger, surtout quand elle est accusée: S inférieure à 1 mé./100 g. .

On pourrait penser à une action de remontée du pH par apport de chaux ou de dolomie. Cette pratique présente de nombreux inconvénients:

- quantités importantes de chaux ou dolomie à apporter, si l'on veut obtenir un résultat appréciable;
- effet néfaste à long terme d'un tel apport sous climat équatorial, par suite d'un déséquilibre important causé à la dynamique du sol;
- non-rentabilité certaine de l'opération.

Plutôt que de remonter le pH, il serait préférable de fournir au sol les quantités de bases, qui lui manquent, surtout calcium et magnésium, sous forme de quantités limitées de chaux ou de dolomie: un tel apport pourrait être bénéfique sur de jeunes plantations (boutures ou graines sélectionnées) par ailleurs bien implantées et bien ombragées, mais dont le potentiel minéral se révèlerait trop faible (voir Annexes). Les doses préconisées seraient de 2 à 3 Kg. de chaux ou dolomie par pied.

D'autres actions d'un coût encore plus faibles seraient possibles: épandage des détritux ménagers, en particulier des cendres, sur les cacaoyers proches des villages; brulis des cabosses pourries (pourriture brune) et épandage des cendres autour des arbres. Mais l'on sait que de telles actions sont très difficiles à obtenir des planteurs. Ainsi dans le cas de plantations âgées, mal implantées à mauvais ombrage et faible rendement et qui se révèlerait à très faible potentiel minéral, un abandon pur et simple serait préférable, plutôt que d'assurer un entretien et des traitements phytosanitaires qui n'aboutiraient qu'à des rendements dérisoires: une plantation sur nouvel emplacement mieux choisi serait plus rentable.

CHOIX DES SOLS A CACAOYERS.

Les sols sous vieille forêt se révèlent généralement comme ayant, à l'état naturel, un faible potentiel minéral: les bases minérales, qu'il contient tout de même à l'origine, sont en fait concentrées dans la végétation forestière, et ce n'est qu'après une mise à la disposition du sol par brulis qu'elles sont de nouveau utilisables par les plantes. Ainsi l'abattage et le brûlis de la végétation forestière, puis l'utilisation agricole se traduisent, dans le sol, par des modifications importantes dont nous avons pu saisir quelques aspects:

- changement de couleur des premiers cm. du sol, qui deviennent plus foncés (bas chroma);

- modification de la répartition acides humiques - acides fulviques;
- augmentation du pH et de la somme des bases échangeables.

Le choix d'un bon sol à cacaoyer doit être orienté par les critères suivants:

- choisir une zone de jachères suffisamment anciennes pour procurer des arbres d'ombrage corrects (légumineuses) et sans parasoliers (pourridiés);
- implanter la plantation sur le sommet ou la moitié supérieure des flancs de collines: les bas de pente sont souvent caractérisés par un fort lessivage en bases et des pH très acides;
- s'assurer que le sol a un horizon humifère gris plutôt que brun: les emplacements d'anciens répondent souvent à ce critère, bien que les sols anthropiques se présentent sous forme de taches de faible étendue;
- vérifier éventuellement que le pH de l'horizon de surface est correct: un pH supérieur à 5 semble un bon critère.

Toujours dans le même esprit et au moment de la plantation:

- ne pas hésiter à brûler en saison sèche toute la végétation basse, sans provoquer un trop grand feu pour ne pas toucher les arbres d'ombrage: l'apport de cendres au sol ne peut être que bénéfique.
- laisser s'installer la végétation herbacée pour qu'elle utilise les minéraux libérés par le brûlis, plutôt que de les voir lessivés dans le sol ou entraînés en surface par ruissellement: les minéraux mis ainsi en réserve seront restitués par la suite aux arbres au fur et à mesure de leur croissance par la décomposition de cette végétation herbacée; pendant les premières années après la mise en place, ne rabattre la végétation herbacée qu'autour des cacaoyers.

CONCLUSION

Cette étude des sols des cacaoyères du Woleu-N'Tem n'est pas définitive puisque nous manquent encore les résultats analytiques de potassium et de phosphore. Cependant nous avons pu cerner les caractéristiques essentielles de ces sols et étudier les principaux problèmes qu'ils posent.

Si dans l'ensemble tous les sols rencontrés ont de bonnes caractéristiques physiques, à part quelques profils à horizon compact ou hydromorphe, la plupart pèchent par un potentiel minéral moyen à faible qu'il paraît difficile d'améliorer dans de bonnes conditions de rentabilité compte-tenu de l'état actuel des recherches sur la fertilisation du cacaoyer.

Ce handicap n'est cependant pas insurmontable et de bonnes techniques culturales permettront, la plupart du temps, d'améliorer nettement les rendements. Le problème est aussi d'opérer un bon choix du sol au départ et d'adopter des techniques culturales, qui permettent de se placer dans les meilleures conditions pour des rendements élevés. La recherche et l'utilisation prioritaire des sols à potentiel minéral plus élevé à l'état naturel (affleurements de roches basiques) doivent être poursuivies: la région de Minvoul parait plus particulièrement favorisé à cet égard.

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

- - - - -

- AUBERT, G. et MOULINIER, H. - 1954 - Observations sur quelques caractères de sols de cacaoyères en Côte d'Ivoire. *Agronomie tropicale*, 4.
- BURRIDGE, J.C. et CUNNINGHAM, T.C.N. - 1960 - Cocoa yields map and soil fertility in Ghana. *Emp. J. of Expir. Agriculture*, 28, 112.
- HARDY, F. - 1960 - Cacao Manual. Inter-American Institute of Agricultural Science, Turrialba, Costa - Rica.
- HOMES, M.V. - 1953 - L'alimentation minérale du cacaoyer. INEAC, n° 58.
- SEGALEN, P. - 1958 - Les sols plantés en cacaoyers dans le Sud - Cameroun. C. R. IV^e Réunion CRACCUS.
- SMYTH, A.J. - 1967 - Le choix des sols à cacao. *Bull. pédologique* n° 5, F A O, Rome.
- VERLIERE, G. - 1965 - Un essai d'engrais sur cacaoyer en Côte d'Ivoire. *Conf. Intern. Rech. cacaoyères*, Abidjan.
- VALLERIE, M. - 1966 - Reconnaissance pédologique dans le canton d'Afamba - Libi. ORSTOM, Yaoundé, 24 p. roneo.

A N N E X E S

- - - - -

1 - Plantation de M. Joseph ELLA (Messang).

La plantation est divisée en deux parties par la maison d'habitation. Sur le flanc ouest de la colline les cacaoyers plantés en 1955 couvrent parfaitement le sol, présentent une très belle végétation et semblent bons producteurs. Le sol se révèle à forte action anthropique et présente un très bel horizon humifère gris, très organique et riche en cendres de foyer : les substances humiques pénètrent profondément le sol et se retrouvent en pseudo-revêtements ou faces luisantes plus grises jusqu'à 80-90 cm de profondeur. Aucun prélèvement n'a été fait compte-tenu de l'hétérogénéité de la plantation et du sol, mais il est vraisemblable que le pH est élevé ainsi que la somme des bases échangeables. Vers le bas de la plantation les cacaoyers couvrent déjà moins bien le sol et l'épaisseur de l'horizon organique a nettement diminué.

Sur le flanc est, au contraire, la plantation est beaucoup moins belle : les cacaoyers de 12-13 ans fourchant bas et ne couvrent pas le sol malgré un ombrage correct ; certains arbres paraissent beaux porteurs de cabosses. La couverture au sol est assurée par une couverture herbacée diverse avec graminées et fougères. La plantation, pour son âge, n'a pas très bel aspect. Le sol se révèle sans aucune influence anthropique et l'horizon humifère A1 est du type forestier à chroma élevé et sa structure est peu développée ; aucune pénétration humifère dans le profil, qui présente en profondeur la structure normale des sols ferrallitiques typiques. Les caractéristiques physiques du sol sont bonnes : 45 à 65 % d'argile. Les caractéristiques chimiques sont moyennes et peuvent seules expliquer le mauvais aspect de la plantation : pH de 4,7, S de 1,3 mé./100 g, S/T de 0,11 avec une capacité d'échange assez bonne de 11,4 mé./100 g. La plantation a nettement besoin d'un apport minéral soit sous forme de cendres ou de résidus domestiques soit sous

forme d'engrais (dolomie et engrais complet).

2 - Plantation de la fûtuelle de Nkolmessas.

La plantation est installée au tiers supérieur d'une assez haute colline. L'ombrage est assez variable et déficient par place. Le recru herbacé avec fougère est important : aucune culture n'a été faite avant la plantation et il n'y a pas eu de brûlis. Les boutures de cacaoyers de 2 ans ont souffert dans les secteurs trop ensoleillés.

L'horizon humifère est du type forestier à chroma élevé et à structure moyenne. Le bas du profil est classique sans horizon compact.

Le sol est bien argileux (50 à 63 % d'argile) et doit convenir au cacaoyer. Si les teneurs en matière organique sont bonnes, la richesse chimique est très limitée : pH de 4, S de 0,27 mé./100 g, S/T de 0,02 pour une bonne capacité d'échange de 16 mé./100 g. Un léger brûlis de la végétation basse aurait nettement amélioré ces caractéristiques. La capacité d'échange élevée due à de bonnes teneurs en argile et en matière organique autorise une fumure minérale importante, qui est indispensable si on veut obtenir un bon démarrage de la végétation et une production ultérieure : dans l'état actuel du sol la production ne pourra être que très faible. La fourniture de Ca et Mg par la dolomie est plus importante que l'apport d'engrais complet et peut être effectué à des doses élevées : 2 à 3 kg/arbre en plusieurs épandages et en couronnes autour des arbres.

3 - Plantation de M. MBA à Andom (N. de Bolossoville).

Il s'agit également d'une plantation de boutures de 3 ans : les arbres ont bel aspect et semblent démarrer rapidement. La végétation d'ombrage et de couverture au sol est très variable.

Les caractéristiques morphologiques et physiques du sol sont bonnes, en particulier de bonnes teneurs en argile (52 à 65 %). Les teneurs en matière organique sont correctes et assurent une bonne capacité d'échange (12,2 mé./100 g) de l'horizon A1. Mais comme dans

le cas précédent il y a net déficit minéral : pH de 3,9, S de 0,37 mé./100 g et S/T de 0,03. L'application de dolomie est nécessaire si l'on veut assurer une bonne végétation des arbres et une bonne production ultérieure.

4 - Plantation de M. Marcellin EMAN (Sillakout).

Il s'agit de la plantation de brousse située sur la colline 662 m. (carte au 1/200.000^e) à 7 km de la route. Cette plantation couvre entièrement la colline nettement plus élevée que ses voisines immédiates et en particulier le sommet aplani où a été effectué le prélèvement.

L'ombrage est correct et assuré par de grands arbres de forêt. Les arbres âgés de 13 ans branchent à 1,5-2 m nettement plus hauts que ce que l'on voit généralement dans la région. La végétation des cacaoyers paraît très bonne mais la couverture au sol par les arbres n'est pas encore assurée : il est vrai qu'un élagage récent semble avoir été particulièrement prononcé. Le recru herbacé est abondant partout.

Le profil (OMC 36 décrit p.) se distingue nettement de celui des autres sols observés dans la région par les caractéristiques suivantes :

- sa couleur rouge (planche 5 YR) au lieu des couleurs jaunes habituelles (planche 7,5 YR et 10 YR).
- une bonne structure bien développée dans tout le profil en particulier en profondeur.

Quant aux caractéristiques chimiques elles se retrouvent presque toujours à l'extrémité des divers histogrammes pour l'horizon A1 :

- 6,8 % de matière organique avec un C/N de 10,7.
- pH de 6,5 et diminuant en profondeur alors qu'il a généralement tendance à augmenter.

- bonne capacité d'échange dans l'horizon O-25 cm : 22,5 mé./100 g dans l'horizon A1.
- rapport S/T de 0,71 en surface et se maintenant au-dessus de 0,4 en profondeur, ce qui range ce profil dans les sols ferrallitiques faiblement désaturés.

Un tel type de sol à pH et S élevés est particulièrement favorable au cacaoyer : il semble assez fréquent autour de Minvoul, en particulier sur les hautes collines que l'on observe dans la région.