

ÉTUDE SUR LA FERTILITÉ DES SOLS DE LA PLAINE BANANIÈRE DU CAMEROUN

par

F. DUGAIN

Pédologue à l'O. R. S. T. O. M.

Au cours d'une mission du 4 au 25 janvier 1959, en compagnie de J. CHAMPION, chef de la Section Bananes à l'I. F. A. C. nous avons parcouru la plaine bananière du Cameroun depuis M'Banga au sud jusqu'à Kola au nord, et étudié sept plantations de la région. La carte des sols de cette plaine dressée par les pédologues de l'I. R. C. A. M. (1) ainsi que le rapport qui l'accompagne nous ont été d'une grande utilité et nous nous y référons souvent au cours de cette étude.

Pendant ce séjour dans la région bananière, par la visite des plantations et par l'étude de quelques essais mis en place à la station régionale de l'I. F. A. C. à Nyombé, nous avons essayé de relier la production à une ou plusieurs caractéristiques des sols. Ce but, qui paraît élémentaire, est en fait, très difficile à atteindre. Nous ne reviendrons pas sur les difficultés que l'on rencontre toujours dans l'évaluation d'une production, ni sur les facteurs qui interviennent avant tout facteur édaphique ; ces points étant développés dans notre rapport de mission.

En définitive, J. CHAMPION a adopté comme critère agronomique la circonférence des stipes mesurés à 1 m du sol sur 30 bananiers porteurs. Les agronomes de l'I. F. A. C. ont établi statistiquement que pour la variété Gros Michel il existe une bonne corrélation entre cette dimension et le poids du régime à maturité. Dans chaque bananeraie et sur les indications du planteur, on choisissait deux carrés aussi différents que possible par leurs rendements. Les mesures de tronc étaient effectuées en même temps que l'échantillonnage du sol sur lequel nous reviendrons dans les pages qui suivent.

Nous avons ainsi échantillonné 14 secteurs pour lesquels les circonférences des troncs ont varié de 63 à 97 cm. Par ailleurs, des prélèvements de sols ont été effectués dans des cas particuliers, et sur essais à l'I. F. A. C. C'est sur l'étude de tous ces échantillons que porte le présent travail.

I. TECHNIQUE D'ÉTUDE

Nous avons montré pour des sols d'autres régions (2) la nécessité d'un grand nombre de prélèvements si l'on veut atteindre une certaine précision dans les résultats. En ce qui concerne le Cameroun nous avons déterminé nos prélèvements de la façon suivante :

1) Profondeur :

L'examen du système racinaire du bananier Gros Michel sur une tranchée faite à 50 cm environ du pied, nous a montré, à maintes reprises, que la plus grande partie des racines (80 % environ) prospectait les vingt-

cinq premiers centimètres du sol lorsque celui-ci est homogène. La profondeur peut être réduite à 20 cm lorsqu'il existe une induration quelconque (croûte, horizon compact, etc...) dans le sous-sol.

Ainsi sur la Station de Nyombé nous avons constaté :
— sous Gros Michel — régime à maturité :

0-25 cm : 30 racines

25-50 cm : 6 racines

— après sous-solage en novembre 1956 :

0-25 cm : 13 racines

25-60 cm : 0 racine

— sous Poyos, à 30 cm de distance du pied presque toutes les racines sont dans les trente premiers centimètres de sol ; 5 ou 6 seulement de 30 à 40 cm. ;

— à 70 cm du bananier, les racines forment un chevelu dans les vingt premiers centimètres de sol.

Après ces constatations nous avons pensé qu'il était suffisant pour les déterminations courantes de prélever les échantillons de 0 à 25 cm.

2) Nombre de prélèvements :

Il a été fixé arbitrairement à trente par échantillon (pratiquement un prélèvement par bananier mesuré). Une étude, menée en collaboration avec J. GODEFROY à la station de Nyombé, nous a permis d'évaluer l'erreur commise sur quelques déterminations. Nous donnons ci-dessous la précision possible sur les principaux caractères analysés :

ERREUR RELATIVE POSSIBLE SUR UN ÉCHANTILLON COMPOSÉ DE TRENTE PRÉLÈVEMENTS

Mat.	N total	K échangeable	Ca échangeable	Mg échangeable	pH
6 %	6 %	13 %	7 %	12 %	0,5 %

Par contre, on notera que deux prélèvements simples effectués à quelques mètres l'un de l'autre peuvent pratiquement varier de 100 % pour tous les éléments sauf le pH qui semble d'une constance remarquable sur de faibles surfaces.

A partir de ces considérations il a été possible d'opérer avec des sondes obligeamment construites à la station de Nyombé par M. TAVERDET, et qui permettent pour chaque prélèvement, d'obtenir très rapidement une carotte de terre d'environ 150 g.

II. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

A. Nature des sols :

Nous avons affaire sur les plantations étudiées à des sols volcaniques jeunes se différenciant essentiellement par la nature du sous-sol (basaltes ou lapillis), et par le degré d'évolution. Ce dernier facteur apparaît assez nettement dans les caractères analytiques : alors que les sols jeunes sont sableux, les sols plus anciens possèdent une fraction fine plus importante ; toutefois nous n'avons pas rencontré dans les sols étudiés de teneurs en argile supérieures à 25 %. Cette évolution, faiblement ferrallitique, peut également s'accompagner d'un certain lessivage, d'où des teneurs en bases plus faibles parfois dans les sols plus évolués.

Dans les plantations, le sol apparaît en surface de couleur généralement brune. Tous les échantillons examinés correspondent aux couleurs J 32, J 62 (brun foncé) et J 42 (brun-rouge foncé) du code expolaire.

La structure est bonne (de grenue à grumeleuse), toutefois la cohésion est assez variable et sur certains carrés il est très difficile de prélever et conserver des mottes, qui très vite se désagrègent. Parfois aussi, la compacité est très forte au-delà de 5 à 10 cm ; le sol est tassé, très dur à pénétrer à la sonde.

Des différences importantes peuvent également apparaître dans le profil : parfois homogène sur plus de 2 m, il peut aussi présenter à faible profondeur,

un horizon légèrement induré, une croûte, un horizon de cendres, ou de basalte en voie d'altération.

En ce qui concerne les différences de propriétés entre sols sur lapillis et sols sur basaltes, nous n'avons pas suffisamment d'échantillons pour émettre une opinion. D'après les caractéristiques établies par les pédologues de l'I. R. C. A. M., il ne semble pas y avoir du point de vue agronomique, de différences fondamentales entre les uns et les autres. Dans les deux cas, les teneurs sont assez étalées.

B. Propriétés chimiques (0-25 cm).

Nous donnons (fig. 1 et 1 bis) les principales caractéristiques des échantillons étudiés dans ce rapport sous forme de distributions de fréquence.

On constate que les distributions de l'argile et du limon sont irrégulières, tandis que celles de la matière organique et des caractères qui en découlent ont une allure plus normale.

Les principales propriétés peuvent se résumer comme suit :

— la texture est le plus souvent sableuse ; elle devient sablo-limoneuse ou sablo-argileuse pour les échantillons sur basaltes les plus évolués ;

— les teneurs en matière organique sont assez

élevées (6 % en moyenne) et l'humification constante (de 20 à 25 % de la matière organique). L'azote total varie entre 2 et 6 ‰, la moyenne se trouvant vers 4 ‰ — d'où un C/N assez bas compris entre 8 et 9.

— Compte tenu des teneurs en colloïdes organiques et minéraux, la capacité d'échange est excessivement forte. Cependant les valeurs trouvées à l'I. R. C. A. M. sont encore supérieures aux nôtres. Si l'on admet que seules l'argile et la matière organique participent aux phénomènes d'échanges, on peut par des systèmes d'équations à deux inconnues établir des capacités spécifiques pour ces deux éléments. Le calcul aboutit, pour les sols de la série de M'Banga (sols argileux) à des valeurs tout à fait acceptables pour l'argile : $25 < T < 30$ méq %. La capacité de la matière organique varie de 250 à 350 méq %, ce qui est également acceptable. Pour des sols jeunes (argile < 20 %), on obtient par contre des valeurs aberrantes tant pour l'argile que pour la matière organique. Les mêmes résultats s'obtiennent à partir de nos chiffres. Il convient donc de supposer que les limons et sables

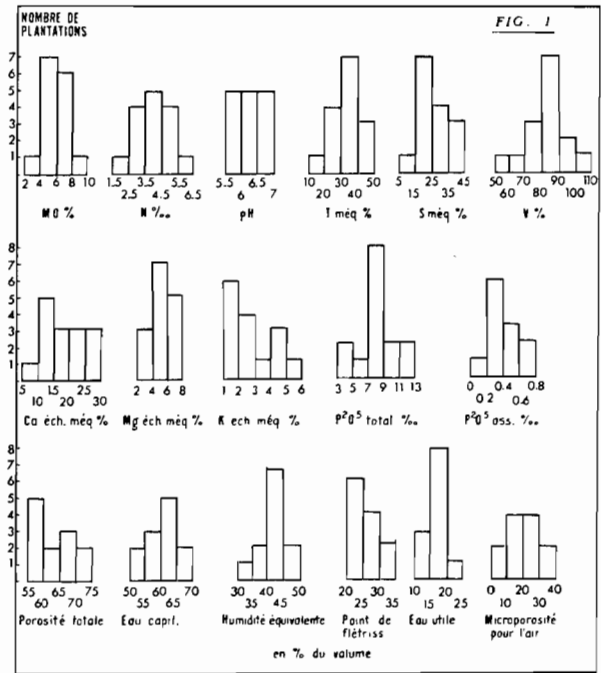


FIG. 1.
Caractéristiques des sols de bananeraies.

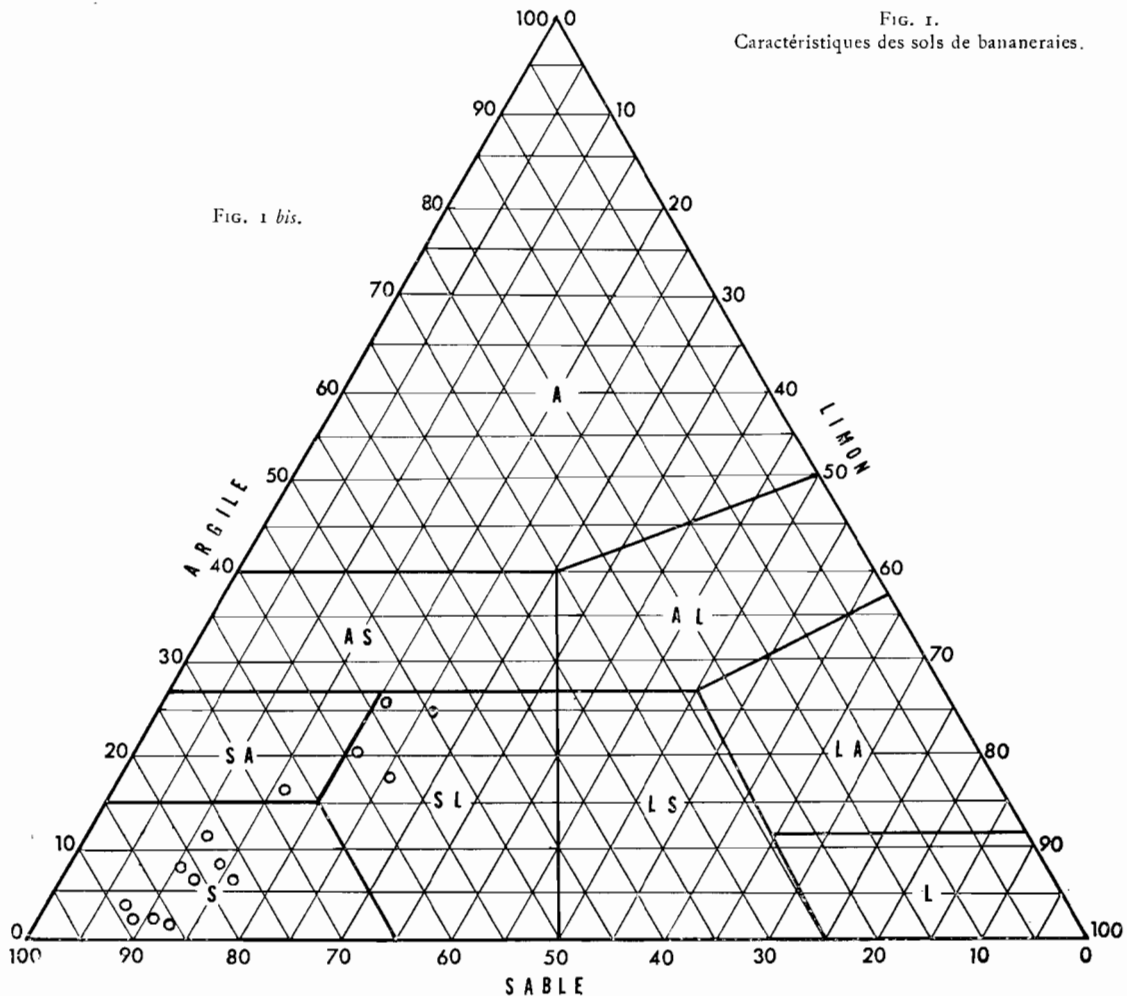


FIG. 1 bis.

Plantation S P N P	Nitreux	N minéral (¹)	(²)	N ‰	Coeff. minér. de N	CO ₂	C ‰	Coeff. minér. de C
Défrichement	1 030	3,5	10,4	4,26	2,44	196	39,2	1,36
Culture depuis vingt ans.	40	5,5	26,9	5,36	5,02	221	43,3	1,39

FIG. 7. — Caractéristiques biologiques de deux sols de la plaine bananière (profondeur 0-5 cm).

marquée du coefficient de minéralisation de l'azote qui passe de 5,02 à 2,44. Toutefois, la quantité d'azote minéral et minéralisable reste considérable en valeur absolue puisqu'elle est de 10,4 mg pour 100 g de sol. La densité de germes nitreux est plus élevée sous culture que sous forêt.

En ce qui concerne le carbone, le coefficient de minéralisation n'est pas affecté par la culture — et le dégagement de CO₂ reste encore très important.

On notera que la comparaison de l'échantillon Cn 12 avec Cn 9 et 11 serait d'une valeur douteuse du fait que le premier représente un sol sensiblement plus évolué.

Dans la région de M'Banga, les pédologues de l'I. R. C. A. M. ont constaté sur sols contenant environ 30 % d'argile une diminution très sensible de la matière organique et des bases sur un carré de faible production par rapport à un secteur de production élevée.

En conclusion, il conviendrait de disposer d'un plus grand nombre d'observations précises pour évaluer l'effet de la culture seule sur les propriétés du sol.

B. Action des apports minéraux sur le sol.

Cette action a été étudiée sur quelques parcelles expérimentales de la station de Nyombé, où les agronomes effectuent des essais depuis un certain nombre d'années. On trouvera en annexe les résultats analytiques complets sur ces essais. Dans le tableau ci-dessous (fig. 8) sont résumés les apports d'engrais et les variations moyennes (4 répétitions) des éléments à la suite de ces apports. Ces variations sont considérées par rapport au témoin de l'essai. Les apports sont calculés sur la base de 2 000 t de terre à l'hectare,

(1) Sans incubation.

(2) N minéral + N minéralisable.

mais il ne faut pas oublier que les épandages se font dans un rayon de 1 m autour du pied.

1° Dans tous les cas, les applications d'engrais amènent une *diminution significative du pH* qui peut atteindre 0,5 unité. Cet abaissement se produit quelle que soit la nature de l'engrais, et dans le cas de chaque parcelle.

2° Les apports potassiques augmentent toujours la teneur en potasse échangeable d'une façon sensible, mais les teneurs en cet élément sont si variables d'un prélèvement à l'autre que les différences ne sont généralement pas significatives.

On notera aussi que dans les deux cas où le sol a reçu de l'urée, sans recevoir de potasse, la teneur en potasse échangeable a légèrement diminué. Mais ici encore cette constatation n'est pas statistiquement valable, les parcelles n'étant pas assez nombreuses.

3° Les apports phosphatés semblent également élever la teneur en P₂O₅ assimilable, bien que d'une façon assez désordonnée. Comme pour la potasse, on constate une légère diminution par rapport au témoin dans le cas d'autres apports sans phosphates.

4° On n'observe pratiquement pas de changement en ce qui concerne les autres éléments.

Toutefois dans l'essai Assolement, les parcelles traitées depuis cinq ans contiennent systématiquement 12 méq % de Ca de plus que les témoins, sans que le protocole de l'essai permette d'expliquer cet état de choses.

Le seul apport en calcium est constitué par le phosphate et représenterait au grand maximum 1 méq %.

Enfin, des prélèvements effectués dans des parcelles ayant subi différentes jachères ne présentent aucune différence pratique (voir en annexe les résultats analytiques).

En résumé — la comparaison entre sols *jeunes*, récemment défrichés, et en culture depuis vingt ans, ne laisse pas apparaître de signe d'appauvrissement

ESSAI	N° TRAITE- MENT	APPORTS			VARIATIONS DES TENEURS PAR RAPPORT AU TÉMOIN		
		engrais	K en méq %	P en P ₂ O ₅ ‰	pH	K éch. méq %	P ₂ O ₅ ‰
Assolement	A	2 t de 5-9-25 par an pendant 5 ans	2,7	0,5	- 0,4	+ 1,4	+ 0,09
Fumure Azotée	1	urée 200 kg/lha/an P ₂ O ₅ 90 kg/ha/an pendant 2 ans	0	0,1	-0,5	- 0,4	+ 0,28
	3	1 t 5-9-25/ha/an pendant 2 ans	0,5	0,1	- 0,3	+ 0,2	+ 0,14
Extension G. M. secteurs 4, 5, 7, 8	1	urée seule 300 g/ pied/an pendant 3 ans	0	0	- 0,35	- 0,3	- 0,09
	2	600 g CIK/pied/an pendant 3 ans	3	0	- 0,15	+ 3,2	- 0,04
	4	urée + CIK + 300 g Bi Ca pendant 3 ans	3	0,5	- 0,50	+ 1,0	+ 0,11

FIG. 8. — Effets des apports d'engrais sur le pH, la potasse échangeable et le phosphore assimilable du sol.
Les résultats expriment pour chaque élément, la différence entre la moyenne de 4 parcelles-témoins,
et la moyenne des 4 parcelles subissant le traitement considéré.

évident — toutefois certains caractères biologiques sont très sensiblement affectés. En dépit de la richesse minérale du sol, les engrais ont une influence certaine

sur la teneur dans le sol des éléments apportés (potassium et phosphore notamment). Dans tous les cas, la fumure amène une baisse de pH.

IV. LES RELATIONS ENTRE LE CRITÈRE AGRONOMIQUE ADOPTÉ ET LES PROPRIÉTÉS DU SOL

Après avoir étudié les principales propriétés du sol nous allons essayer de les relier à la production afin de déterminer si possible les caractères favorables ou au contraire susceptibles de devenir des facteurs limitants.

Nous avons expliqué au début de cette étude les raisons d'adopter la circonférence du pseudo-tronc comme critère agronomique.

1. La teneur en argile.

La figure 9 montre qu'il n'est pas possible d'établir une liaison entre cet élément et le critère agronomique. Il semble toutefois que si une corrélation pouvait être établie, elle serait à coup sûr négative. Ceci peut s'expliquer si on considère l'accroissement de la teneur

en argile comme reflétant un stade d'évolution plus poussé. Cette évolution s'accompagne en effet d'une diminution de la teneur en matière organique (fig. 3), de la capacité d'échange, et de la potasse échangeable (fig. 4 A et 4 B). Toutefois, le nombre des échantillons n'est pas suffisamment élevé pour qu'il soit possible de dégager avec assez de certitude une baisse de fertilité lorsque le degré d'évolution augmente, tout au moins si ce degré d'évolution a comme base la teneur en argile.

2. Le complexe organique.

Que ce soit avec la matière organique totale ou avec la fraction humifiée (extraite à froid au fluorure de sodium), les corrélations montrent qu'on ne peut directement relier ces déterminations avec les mensurations (fig. 10). Ce n'est donc pas non plus par son effet sur le taux de la matière organique (fig. 3) que l'on peut montrer les conséquences de l'évolution du sol sur la fertilité.

3. Le complexe adsorbant.

Aucune corrélation n'a pu être dégagée de l'étude des éléments du complexe (fig. 11). A tout bien considérer, cet état de choses est parfaitement admissible :

la capacité d'échange est toujours élevée, le coefficient de saturation convenable ainsi que le pH, et les bases sont présentes à des teneurs très largement suffisantes.

4. Le phosphore.

Paraît n'avoir aucune action sur la fertilité (fig. 12) que l'on considère la totalité de cet élément dans le sol, ou seulement la fraction assimilable.

5. La porosité et les propriétés vis-à-vis de l'eau.

Si l'on considère les valeurs habituellement utilisées pour caractériser l'eau du sol : point de flétrissement et humidité équivalente, on constate que le premier critère est absolument sans action, ce qui est tout à fait normal sous un climat aussi humide. Par contre, sans que la relation puisse être validée par le calcul, il apparaîtrait une corrélation à tendance négative avec l'humidité équivalente (fig. 13), relation qui *a priori* semble anormale et même paradoxale. Cependant si l'on considère « l'eau utile » du sol, c'est-à-dire la différence entre les deux valeurs précédemment envisagées, on aboutit cette fois à une corrélation négative valable ($r = 0,7$, $p = 0,01$) (fig. 14). Nous verrons par la suite comment il est possible d'expliquer ce fait peu logique, de prime abord.

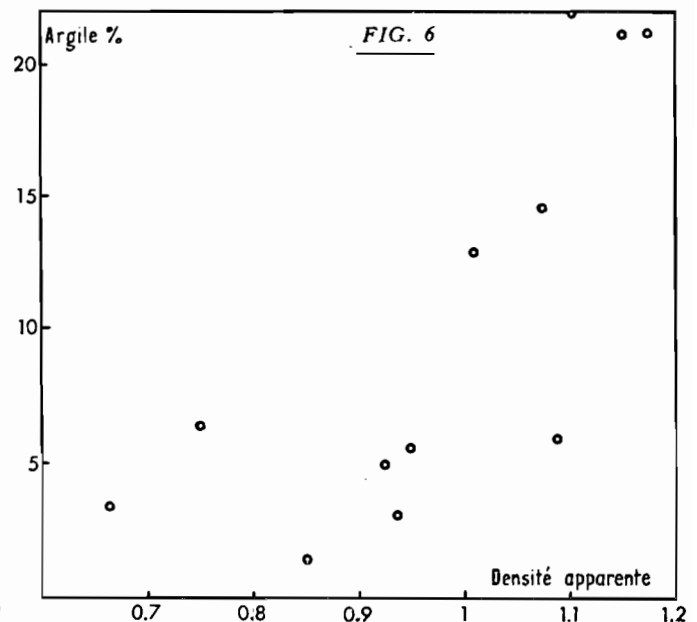
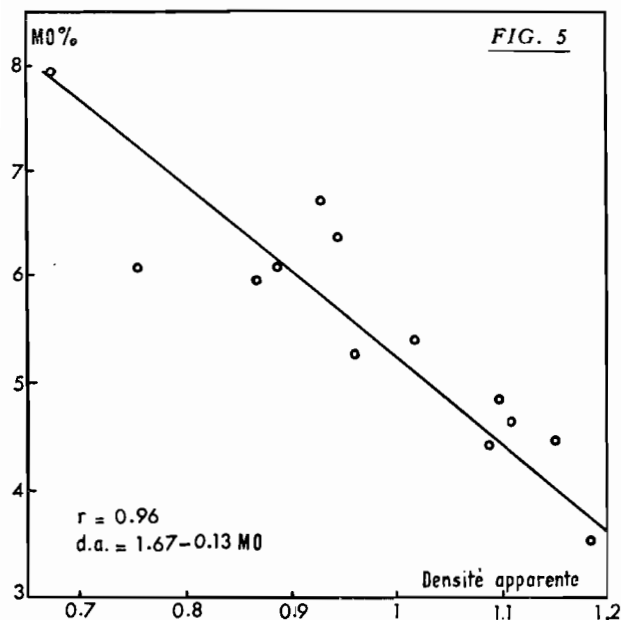


Fig. 5 et 6. — La densité apparente du sol en relation avec :
— la teneur en matière organique
— le taux d'argile.

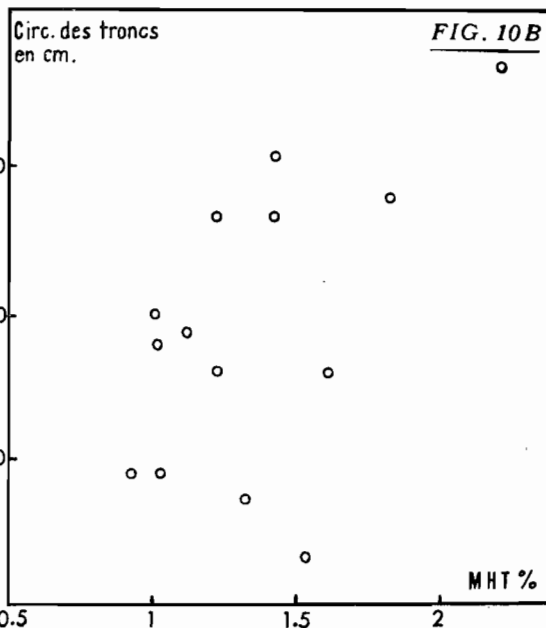
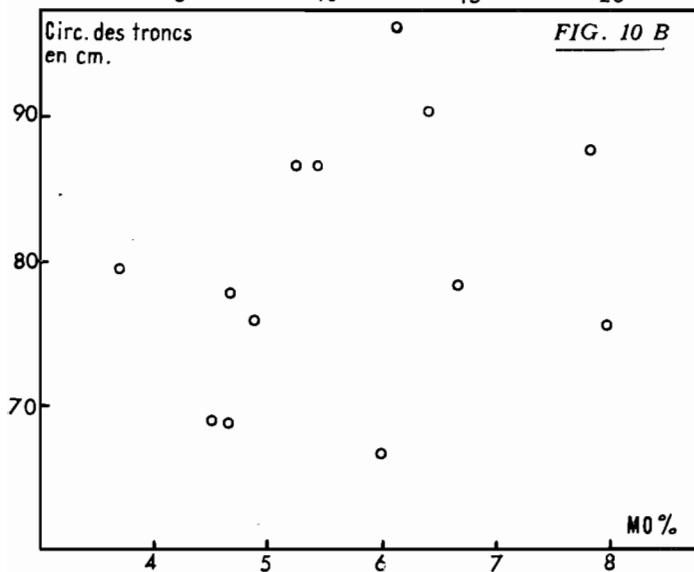
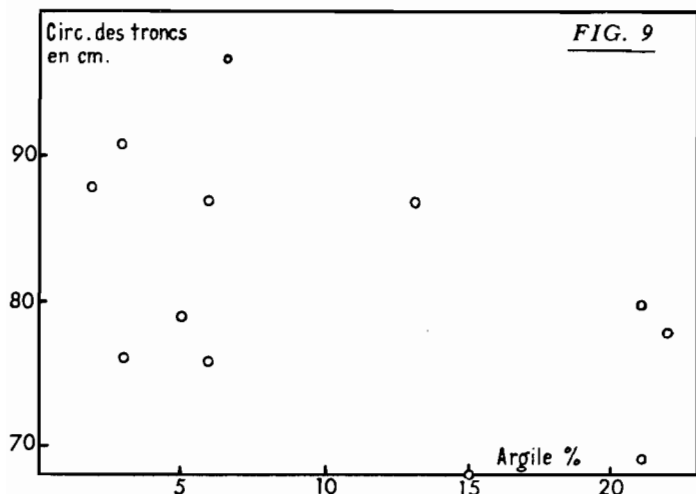


Fig. 9 et 10. — Relations entre les mensurations de bananiers et quelques caractéristiques du sol. Il n'existe pas de corrélations valables.

et l'eau capillaire : ces deux valeurs étant souvent voisines, leur différence est faible, mais susceptible cependant de fortes variations relatives, dues aux erreurs commises sur la mesure des deux termes.

Il nous reste enfin à envisager une autre caractéristique qui, bien que correspondant à des propriétés hydriques, peut prendre une autre signification. Il s'agit de la différence entre l'eau capillaire et l'humidité équivalente (EC-HE). Cette différence correspond à l'eau de drainage ou encore aux micropores occupés par l'air lorsque le sol est à son humidité équivalente. La relation avec les mensurations est significative;

En poursuivant l'examen des caractéristiques hydriques, on peut établir une corrélation valable avec l'eau capillaire du sol ($r = 0,69, p \neq 0,01$) (fig. 15). Il est évident que cette relation n'a pas une signification pratique directe, mais elle est toutefois intéressante si l'on considère que l'eau capillaire représente aussi le volume des pores dont le diamètre est inférieur à 200 microns, et nous l'utiliserons par la suite.

La porosité totale, calculée à partir de la densité apparente permettrait une très bonne corrélation sans la présence de deux points aberrants (fig. 16). Il ne peut cependant s'agir d'une erreur dans la mesure de la porosité, les valeurs obtenues pour la densité apparente étant conformes à celles de la matière organique.

Nous n'envisagerons pas l'interprétation de la macroporosité ou porosité pour l'air. Cette valeur est en effet établie par différence entre la porosité totale

MOIS	HAUTEUR D'EAU (en mm)	MOIS	HAUTEUR D'EAU (en mm)
Janvier.....	30	Juillet.....	500
Février.....	105	Août.....	440
Mars.....	170	Septembre...	375
Avril.....	230	Octobre.....	360
Mai.....	290	Novembre...	100
Juin.....	315	Décembre....	20

Fig. 18. — Précipitations à Nyombé (moyenne de 7 ans) d'après le rapport IRCAM.

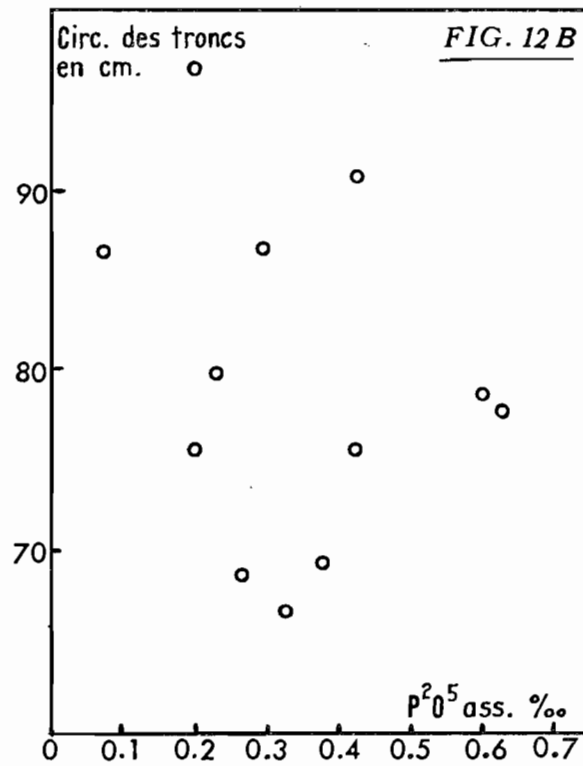
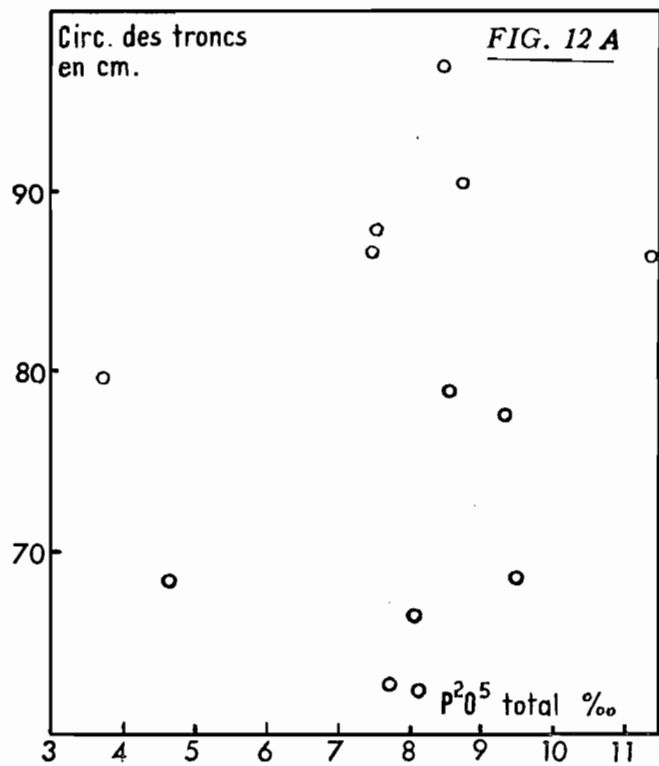
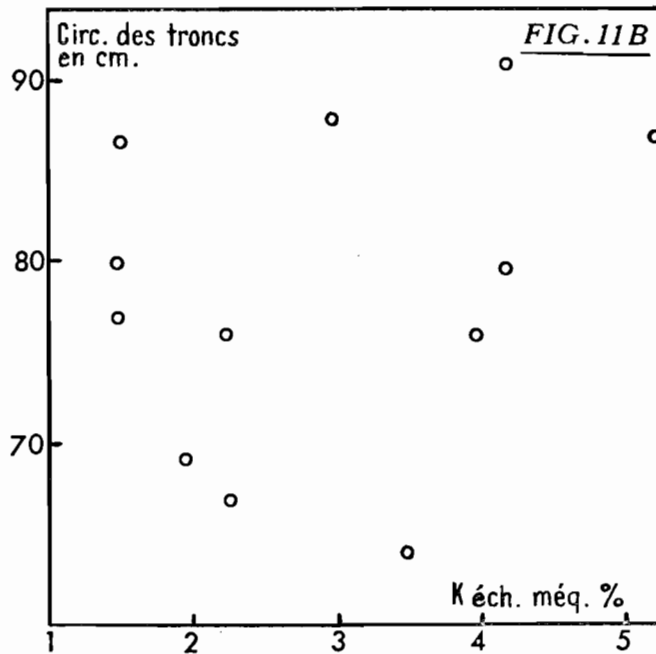
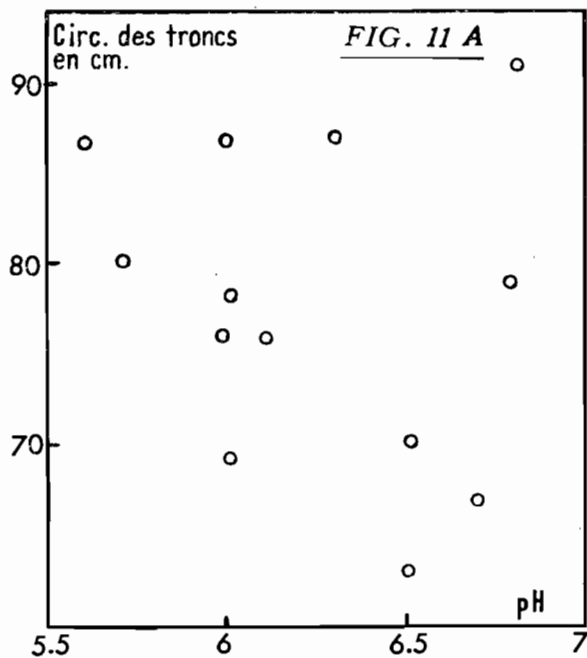
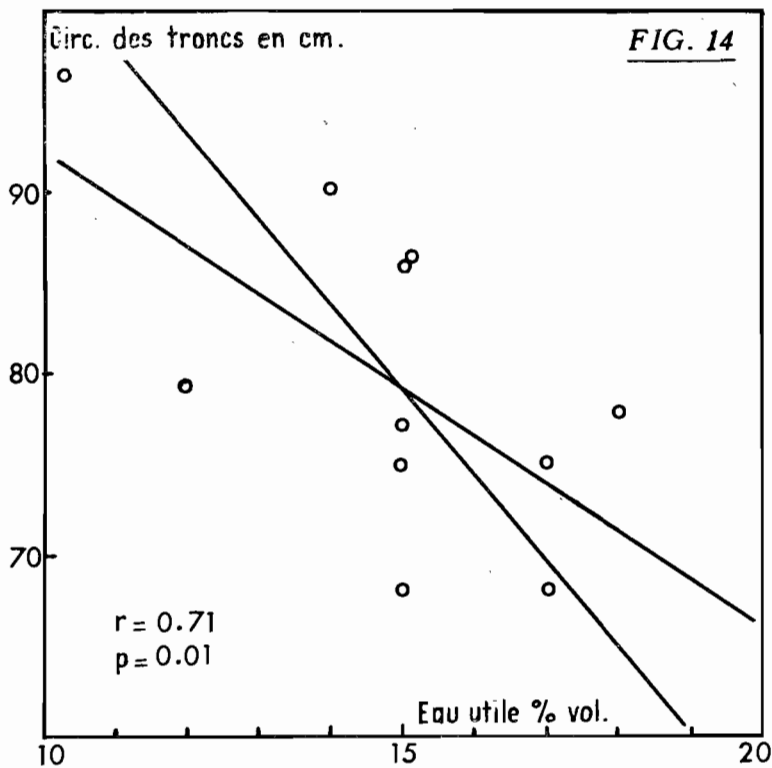
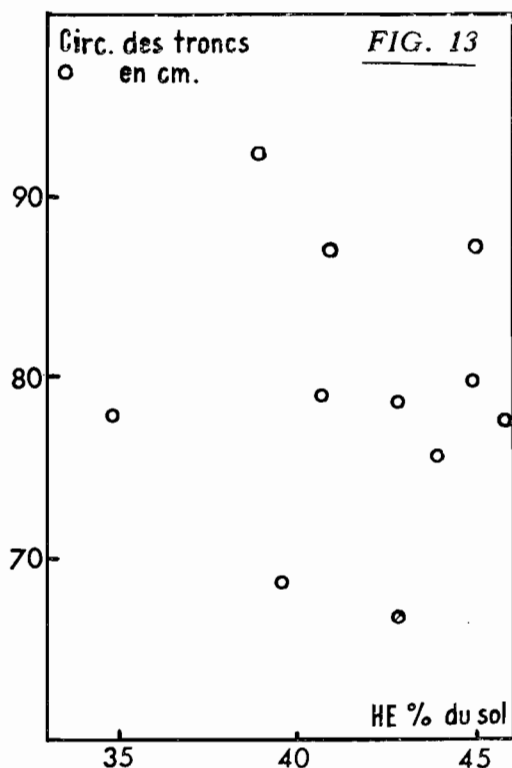


FIG. 11 et 12. — Relations entre les mensurations de bananiers et quelques caractéristiques chimiques du sol. Il n'existe pas de corrélations valables.



(fig. 17) on obtient en effet un coefficient de corrélation positif entre les deux valeurs ($r = 0,65, p = 0,02$).

Avant d'expliciter ces relations, on remarquera que la fertilité semble beaucoup plus sous la dépendance des propriétés physiques que des caractéristiques chimiques. Ceci s'explique facilement compte tenu des teneurs élevées de ces sols en éléments organiques et minéraux. Par contre, on peut s'étonner que des caractéristiques telles que l'humidité équivalente, l'eau utile, etc... semblent exercer une action défavorable. C'est ce que nous allons essayer d'expliquer dans le paragraphe suivant.

6. Signification pratique des caractères physiques étudiés.

Il va de soi que l'eau du sol n'a, dans cette région et pendant une grande partie de l'année, qu'une importance relative pour l'alimentation du bananier. Par contre, elle semble en avoir beaucoup plus pour certaines propriétés du sol.

Des mesures d'humidité effectuées

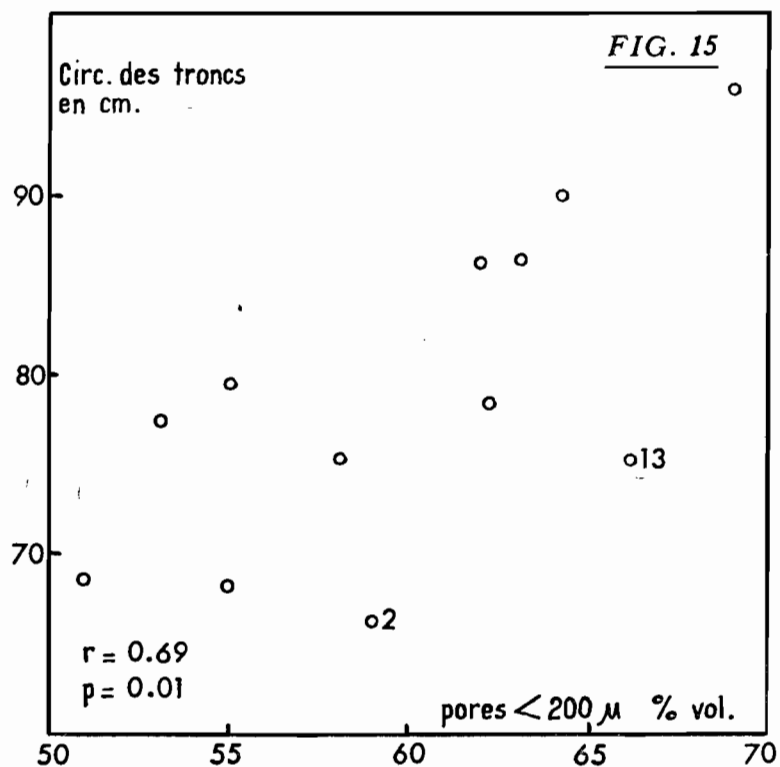


FIG 13, 14 et 15. — Relations entre les mensurations des bananiers et quelques caractéristiques hydriques du sol.

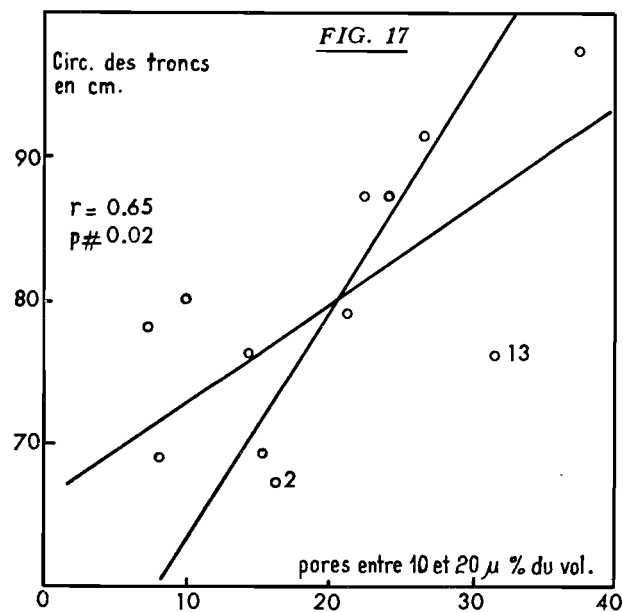
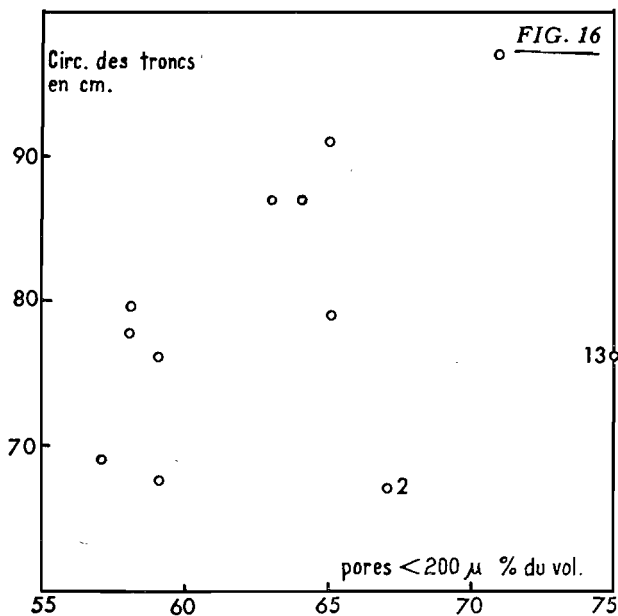


Fig. 16 et 17. — Relations entre les mensurations de bananiers et la porosité du sol.

Or l'humidité équivalente se situe à 38 % (moyenne de 16 parcelles). On constate donc en premier lieu que depuis avril jusqu'en décembre le sol se trouve presque en permanence à une humidité au moins égale sinon supérieure à son humidité équivalente ; il n'est donc pas étonnant que dans ce cas, la notion d'« eau utile » perde une grande partie de sa signification physique habituelle.

Par contre, étant donné cet état de saturation prolongé, on peut logiquement penser à la capacité pour l'air qui se trouve de ce fait le plus souvent réduite à sa valeur minimum, c'est-à-dire à la différence entre la porosité totale et l'humidité équivalente ; la corrélation entre les mensurations et cette capacité présente une grande analogie avec celles que l'on a obtenues avec la porosité totale : on y retrouve les mêmes points aberrants (n° 2 et n° 13) qui interdisent d'établir la corrélation par le calcul. Toutefois étant donné la répétition du fait pour les deux mêmes points et par ailleurs la relation étroite que l'on obtient si on les néglige, on peut admettre que la porosité joue un rôle important dans la fertilité du sol. Nous avons d'ailleurs cherché à éliminer ces deux points aberrants d'une manière plus rigoureuse ; en effet, cette capacité minimum pour l'air qu'on vient d'envisager peut se diviser en une macroporosité (représentée par la différence entre la porosité totale et l'eau capillaire) et une microporosité (différence entre l'eau capillaire et l'humidité équivalente). Le tableau ci-dessous (fig. 19) nous montre qu'en fait la microporosité pour l'air, de par sa valeur, joue certainement un rôle plus important que la macroporosité ; d'autre part, elle ne fait plus intervenir la porosité totale.

On s'aperçoit effectivement que la corrélation établie avec les mensurations est alors significative et qu'il n'existe plus de points aberrants.

Il conviendra donc pour cette raison, et aussi à cause de l'incertitude qui pèse sur la mesure de la macroporosité, de considérer que la capacité pour l'air que nous utilisons se borne à celle qui est représentée par les micropores de diamètre compris entre 10 et 200 μ. Sur le plan pratique, c'est le volume d'air qui remplace l'eau de drainage quand le sol est à son humidité équivalente.

Nous avons vu précédemment que cet état est fréquent ; d'autre part la macroporosité étant faible (le plus souvent moins de 30 % de la capacité pour l'air), on peut dire que cette microporosité constitue la

chaque mois à la même date par J. GODEFROY à la station de Nyombé donnent pour l'humidité les valeurs suivantes en pour cent du volume :

HUMIDITÉ DU SOL EN PLACE EN % DU VOLUME.

Mars.	31	Septembre.	49
Mai.	42	Octobre.	46
Juin.	51	Novembre.	46
Juillet.	49	Décembre.	25
Août.	46		

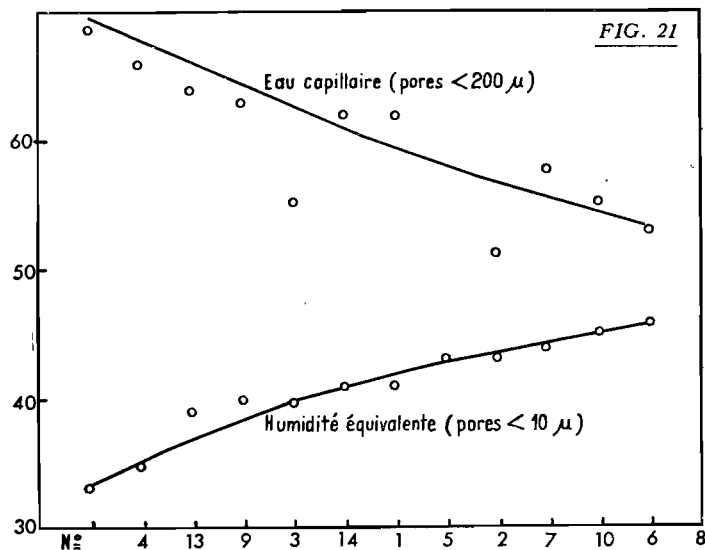


FIG. 21. — Échantillons classés par humidités équivalentes croissantes. Variations de l'eau capillaire.

Si nous examinons la figure 21, où sont portés en abscisses les échantillons classés par ordre croissant d'humidité équivalente, et en ordonnées, en plus de cette valeur, celle de l'eau capillaire, il apparaît que cette dernière varie en sens inverse de l'humidité

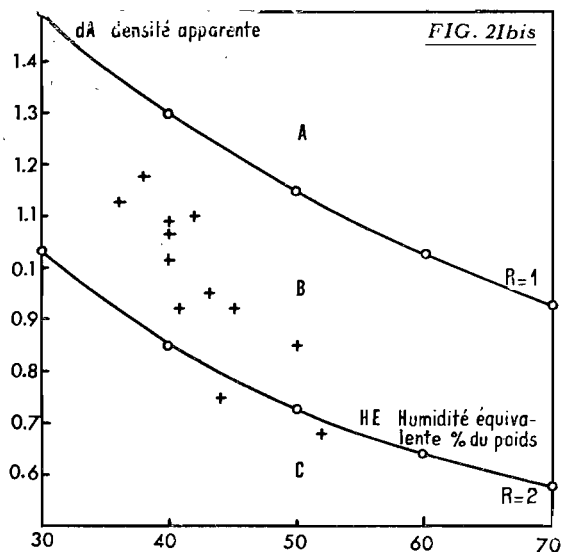


FIG. 21 bis. — Indice de compacité (Vigneron et Desauettes). Les deux branches d'hyperboles d'équations

$$(dA) = \frac{1}{\frac{1}{(dA)} + k (HE)} \text{ avec } \begin{matrix} k=1 \\ k=2 \end{matrix}$$

délimitent trois zones :
 A = risque d'asphyxie totale
 B = risque d'asphyxie partielle
 C = pas de risque d'asphyxie
 on voit que presque tous les échantillons étudiés sont dans la zone B.

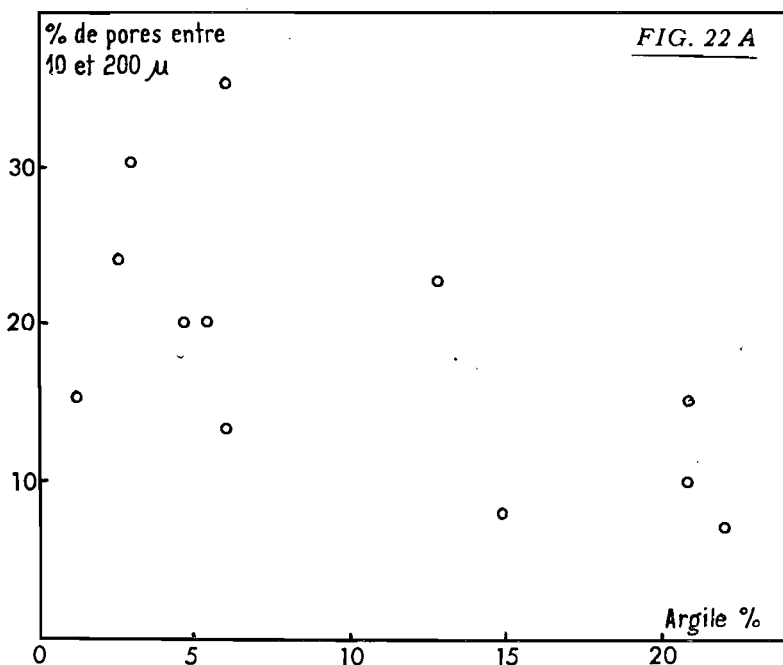


FIG. 22 A. — Relations entre la teneur en argile et le volume des pores de diamètre compris entre 10 et 200 μ.

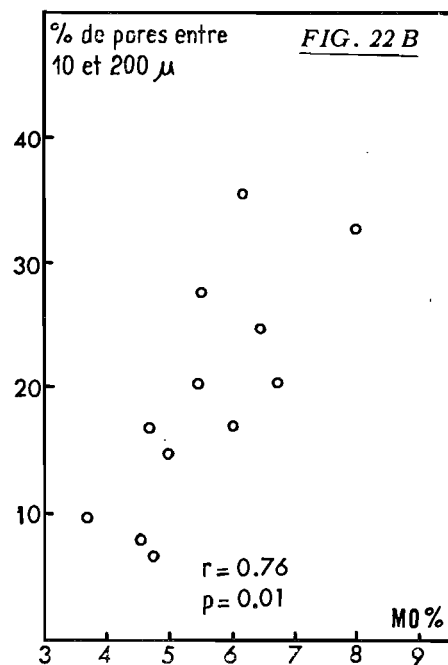


FIG. 22 B. — Relations entre le taux de matière organique et le volume des pores de diamètre compris entre 10 et 200 μ.

équivalente. Si bien que d'une façon générale, un échantillon aura une microporosité pour l'air forte parce que l'eau capillaire sera forte et l'humidité équivalente faible (et inversement). Les figures 22 A et 22 B montrent que cette microporosité est liée à la teneur en matière organique et au taux d'argile dans le sol.

Enfin, il est intéressant de rapprocher la signification de ce critère avec l'indice de compacité défini par J. VIGNERON et J. R. DESAUNETTES (6).

Cet indice est établi à partir du fait que dans un sol la porosité totale doit être également répartie entre l'air et l'eau. C'est-à-dire que l'eau retenue à l'humidité équivalente doit occuper au maximum un volume égal à celui de l'air du sol, ce qui peut se traduire par la relation :

$$\text{Humidité équivalente en \% volume} \leq \frac{\text{Porosité totale}}{2}$$

En ce qui concerne les échantillons étudiés, on peut constater que cette relation est satisfaite dans deux cas seulement. D'autre part, si l'on trace les courbes définies par les auteurs, correspondant aux sols étudiés (fig. 21 bis), on retrouve tous les points sauf deux dans la zone où l'on risque une asphyxie partielle.

Ce risque devient une réalité puisque, nous l'avons vu au début de ce paragraphe, l'humidité du sol en place est, pendant une très grande partie de l'année, égale ou supérieure à l'humidité équivalente.

7. L'évolution du sol et la fertilité.

Du rapprochement que l'on peut faire entre toutes les corrélations établies,

- pour les propriétés du sol entre elles,
- entre ces propriétés et les critères de fertilité,

on déduit :

que le sol, au fur et à mesure de son évolution, s'enrichit en éléments fins (argile et limon) en même temps que le taux de matière organique diminue. Ce processus semble impliquer une modification assez sensible de la porosité et surtout de la distribution des pores.

En effet, on constate que les pores inférieurs à 10 microns tendent à s'accroître en nombre, aux dépens des pores compris entre 10 et 200 microns. Ceci signifie que pratiquement l'humidité équivalente augmente en même temps que l'eau capillaire décroît.

Étant donné le régime des pluies, il s'ensuit que les sols restent une très grande partie de l'année dans un état d'humidité nettement supérieur à l'humidité équivalente, donc n'ayant de libres que les pores au-delà de 10 microns. Cet état de choses explique la bonne corrélation entre le volume de ces pores et la fertilité.

CONCLUSIONS

Pratiquement, nous avons vu que l'augmentation de la teneur en argile pouvait être une cause de modification de la porosité. Or il n'est pas possible d'intervenir dans ce domaine. Il semble donc que tous les efforts doivent porter sur le maintien d'un taux élevé de matière organique dans le sol. Déjà certains essais mis en place sur la station de Nyombé auraient montré l'avantage des jachères cultivées et enfouies. Enfin peut-être est-il possible d'après J. CHAMPION, de trouver dans ces conclusions, une explication au fait que les plantes de couverture en association avec le bananier aient une action bénéfique (observations de F. TRUPIN à Nyombé), alors que dans d'autres régions et notamment en Guinée, on a pu prouver leur action dépressive. Ces plantes sont susceptibles, en effet, d'améliorer la porosité par leurs racines nombreuses et profondes ; d'autre part si leur consommation en eau constitue une concurrence pour le bananier pendant la saison « sèche », elle serait au contraire une aide pendant le reste de l'année.

Bien entendu, le nombre restreint d'échantillons et d'observations sur lequel porte cette étude, implique une certaine réserve dans les conclusions. Ces dernières peuvent toutefois permettre une orientation pour de nouveaux essais, et de nouvelles observations en ce qui concerne l'influence de la matière organique, du drainage, voire du travail du sol sur la productivité des sols de cette région.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BACHELIER (G.), CURIS (M.), MARTIN (D.). — Étude de la plaine bananière. Carte au 1/20 000. Rapport I. R. C. A. M., nov. 1956.
- (2) DUGAIN (F.). — Sur les prélèvements et la préparation des échantillons de sols. *Fruits*, vol. 13, nos 9 et 10 1958.

- (3) Mc ALEESE (D. M.) et Mc CONACHY (S.). — Studies on the basaltic soils of Northern Ireland : III. Exchangeable cations contents of sand silt and clay separates. *The Journal of Soil Sc.* 9, p. 66-75, 1958. Cité par A. RUELLAN, O. R. S. T. O. M., I. D. E. R. T.

- (4) SEKERA (F.). — Die Structur Analyse des Bodens Bodenk. *Pflanzenernährung*, 1938, 6, 259-288. Cité par ROBINSON.
 (5) FORESTIER (J.). — Fertilité des sols de caféières en République centrafricaine. *Agr. Trop.*, vol. XIV, n° 3, 1959.

- (6) VIGNERON (J.) et DESAUNETTES (J. R.). — Établissement d'un indice de compacité. *Bull. de l'Ass. française pour l'étude du sol*, n° 4, avril 1958.

MÉTHODES ANALYTIQUES UTILISÉES

Granulométrie : méthode pipette. Dispersion au pyrophosphate.

Matière organique :

- Carbone (C). Méthode par voie humide (Walkley et Black).
- Azote (N). Kjehldal. Catalyseur au sélénium.
- Humus (MHT) extrait à froid au fluorure de sodium. Dosage par manganimétrie.

Complexe adsorbant :

- Échange à l'acétate d'ammonium normal pH 7.
- Dosage des bases par spectrophotométrie (I. D. E. R. T. Bondy).
- Lessivage à l'alcool et déplacement de l'ammonium par le sodium. Distillation de l'ammonium pour le dosage de la capacité d'échange (T).
- Somme des bases (S) est obtenue par addition des éléments du complexe.
- pH sur pâte de sol. A l'électrode de verre.

Phosphore :

- Total. Par volumétrie du phospho-molybdate.
- Assimilable. Méthode d'extraction Truog. Dosage au vanado-molybdate par colorimétrie.

Caractéristiques pour l'eau :

- Humidité équivalente (HE). Centrifugation à 1 000 g.
- Point de flétrissement (HF). Presse à membrane (sous 16 atmosphères pendant 24 heures).
- Eau capillaire (EC). Sur mottes imbibées par capillarité.

Densité apparente (DA) : mesure du volume de la motte par immersion dans le pétrole. Pesée après dessiccation à l'étuve.

Porosité totale : calculée à partir de la densité apparente d'après la formule :

$$P = 100 \frac{DA \times 100}{2,65}$$

Erratum : Dans tous les tableaux qui suivent, *lire* = Azote ‰ au lieu de = Azote ‰.

I. F. A. C. CAMEROUN - STATION DE NYOMBE - ESSAI G. M.

	Terre fine %	Carbone %	Azote %	Rapport C/N	Matière organiq. %	Matière humifiée %	Humidité Equival. %	Capacité d'échap. méq %	Somme des bases méq %	Coeff. de saturation %	K	Ca	Mg	Argile %	Limon %	P205 ass. ‰	P205 tot. ‰	pH		
											méq %									
GM ^T	10	93	2,6	2,2	11,8	4,5	1,1	36,6	29	25,3	86	2,4	18,0	4,4	8	18	0,32	6,9	6,5	
	30	93	3,3	2,3	14,3	5,7	1,3	38,3	35	27,3	77	2,3	22,0	2,5	4	15	0,36	7,9	6,7	
	40	93	3,1	2,6	12,0	5,3	1,3	40,0	32	26,7	85	2,9	18,5	4,8	5	15	0,28	8,6	6,5	
	50	85	3,3	3,2	10,3	5,7	1,4	42,1	32	24,6	77	3,3	17,5	3,3	3	16	0,22	6,1	6,6	
	70	83	4,0	4,2	9,5	6,9	1,6	42,5	35	32,7	95	3,0	24,8	4,4	3	20	0,25	6,8	6,8	
	80	81	3,7	4,1	9,0	6,5	1,4	45,8	35	31,7	91	2,9	21,4	6,9	3	18	0,20	6,0	6,7	
Urée	11	90	2,8	2,9	9,7	4,8	1,3	37,3	34	27,2	80	2,2	20,3	3,7			0,16	7,5	6,4	
	21	87	3,0	2,8	10,7	5,1	1,1	36,4	32	26,5	83	2,0	20,0	4,0			0,22	7,1	6,2	
	41	83	3,2	3,6	8,9	5,5	1,4	39,8	34	26,3	77	1,8	20,0	4,0			0,15	7,0	6,4	
	51	84	3,3	3,3	10,0	5,7	1,0	40,8	33	27,3	83	2,4	19,3	5,1			0,17	7,0	6,6	
	61	78	3,2	3,1	10,3	5,5	1,1	39,6	30	24,9	83	3,2	16,0	5,2			0,13	6,0	6,0	
	71	80	3,6	3,1	11,6	6,3	1,6	42,0	34	28,0	82	3,4	18,5	5,6			0,19	6,5	6,0	
CIK	42	85	3,2	3,3	9,7	5,5	1,1	38,4	35	28,4	81	4,1	20,3	3,5			0,21	6,8	6,4	
	52	81	3,1	3,4	9,1	5,3	1,0	39,5	33	27,8	85	7,2	17,0	3,1			0,23	5,8	6,4	
	72	80	4,2	4,1	10,3	7,3	1,5	46,0	37	31,5	85	7,9	18,5	4,6			0,21	7,3	6,6	
	82	71	3,4	3,0	11,3	5,9	1,1	40,6	35	30,1	86	5,6	20,0	4,0			0,27	5,5	6,6	
	Urée	44	82	2,9	2,8	10,4	5,0	1,0	39,0	33	29,0	88	5,1	18,8	4,6			0,33	7,6	6,1
	CIK	54	81	3,1	3,0	10,4	5,3	1,0	40,0	33	22,6	70	3,6	15,8	2,7			0,37	6,7	6,1
BiCa	74	80	3,9	4,0	9,8	6,8	1,4	44	37	32,1	87	3,4	23,0	5,2			0,47	6,5	6,3	
	84	77	3,7	4,2	8,9	6,5	1,4	45,4	36	26,8	75	3,7	21,4	1,2			0,36	6,1	6,1	

I.F.A.C. CAMEROUN - ESSAI FUMURE AZOTEE

	Carbone %	Azote %	Rapport C/N	Matière organ. %	Matière humifiée %	Capacité d'échang. méq %	Somme des bases %	Coeff. de saturation %	K	Ca	Mg	P205 ass. o/oo	P205 tot. o/oo	pH
									méq %					
10	4,5	4,7	9,6	7,7	2,1	32,5	11,2	35	1,0	5,5	3,7	0,44	9,1	6,8
20	6,1	5,3	11,5	10,5	2,1	38,5	13,6	35	1,3	6,3	5,0	0,54	11,4	6,7
30	5,5	5,0	11,0	9,6	1,8	40,5	17,6	43	1,3	9,5	5,8	0,61	7,6	6,8
40	4,4	4,6	9,6	7,6	1,8	37,0	12,8	35	1,9	5,9	5,0	0,31	9,3	6,4
11	5,0	4,9	10,2	8,6	2,1	36,0	11,8	33	1,3	6,0	3,5	0,84	9,1	6,3
21	5,5	4,7	11,7	9,5	2,2	35,5	13,6	38	1,3	6,3	5,0	0,56	9,9	6,1
31	5,9	5,6	10,5	10,2	2,5	37,0	11,7	32	0,9	6,3	3,5	0,37	8,8	6,2
41	6,0	4,8	12,5	10,4	2,3	36,0	11,9	33	0,7	6,5	3,7	1,16	7,2	6,4
13	5,4	5,0	10,8	9,3	2,0	36,0	12,1	34	1,9	5,7	3,5	0,80	10,5	6,2
23	7,1	6,8	10,5	12,3	2,6	44,0	15,9	36	1,2	9,3	4,4	0,70	11,2	6,5
33	5,6	4,8	11,7	9,7	2,2	37,5	12,4	33	1,4	6,3	3,7	0,51	9,5	6,5
43	5,8	5,6	10,4	10,0	2,3	40,0	13,2	33	1,9	6,8	3,5	0,48	11,4	6,3

I.F.A.C. CAMEROUN - ESSAI ASSOLEMENT

	Rendement en kg	Carbone %	Azote %	Rapport C/N	Matière organ. %	Matière humifiée %	Capacité d'échang. méq %	Somme des bases méq %	Coeff. de saturation %	K	Ca	Mg	P205 ass. o/oo	P205 tot. o/oo	pH
										méq %					
A1	280	3,5	3,3	10,6	6,1	1,3	34	23,9	70	5,1	16,5	2,3	0,66	9,9	6,2
T1	370	3,8	3,6	10,5	6,5	1,3	33	13,1	40	3,5	5,2	4,4	0,65	10,0	6,6
A2	550	3,3	3,5	9,5	5,7	1,2	34	26,4	78	6,0	17,5	2,9	0,56	7,6	6,1
T3	220	3,6	3,2	11,2	6,2	1,1	34,5	12,0	35	3,9	5,6	2,5	0,44	7,1	6,7
A3	390	4,0	3,6	11,1	6,8	1,6	34	27,2	80	3,6	20,3	3,3	1,01	10,8	6,2
T6	320	4,4	4,2	10,5	7,6	1,6	36,5	16,4	45	2,3	6,8	7,3	0,87	7,5	6,6
A4	290	3,4	3,9	8,7	5,9	1,2	32	26,0	82	3,7	17,9	4,4	0,37	7,5	6,4
T8	270	3,4	3,5	9,7	5,9	1,2	32	13,1	41	2,9	5,0	6,2	0,29	7,6	6,7

I.F.A.C. CAMEROUN - JACHERES

	Carbone %	Azote %	Rapport C/N	Matière organique %	Matière humifiée %	Capacité d'échang. méq %	Somme des bases méq %	Coeff. de saturation %	K	Ca	Mg	P205 tot.	pH
									méq %				
JA 1	3,2	3,6	8,9	5,6	1,2	31	12,3	39	2,1	5,2	5,0	6,1	6,6
JA 2	3,1	3,1	10,0	5,3	1,2	30	11,5	38,5	2,4	4,7	4,4	6,5	6,4
JA 3	2,7	2,9	9,3	4,6	1,4	29	11,9	40,5	6,0	3,6	2,3	7,0	6,0
JA 4	2,9	2,8	10,4	5,0	1,5	32	11,6	36,5	2,9	4,1	4,6	7,6	6,2
T 5	2,9	3,4	8,5	5,0	1,1	31	14,8	48,0	4,3	4,5	6,0	7,1	6,4
T 10	2,7	3,1	8,7	4,6	1,3	36	11,0	30,0	2,4	4,2	4,4	6,5	6,4

BANANERAIES CAMEROUN - ANALYSE PHYSIQUE DU SOL

Plantations	n° éch. Cn	Circonf. troncs cm	Argile %	Limon %	Sable gross. %	Sable fin %	Densité apparente	Porosité totale % v.	Eau capillaire % v.	Humidité équival. %	Point de flétris. % v.	Microporosité pour l'air	Eau utile % v.
S.P.B.	1	79	5,0	12,7	30,5	33,5	0,92	65	62	41	23	21	18
	2	67	1,5	10,5	41,7	23,9	0,86	67	59	43	23	16	20
C.F.S.O.	3	87	13,0	12,5	18,7	38,5	1,01	63	63	40	30	23	10
	4	97	6,5	10,0	40,3	24,0	0,75	71	69	33	23	36	10
C.A.M.	5	87	5,7	10,5	32,8	30,2	0,95	64	62	41	26	21	15
	6	80	21,2	20,5	16,6	20,0	1,18	58	55	45	23	10	22
M'BANGA	7	69	14,7	20,2	0	49,1	1,08	59	51	43	28	8	15
	8	78	22,0	16,2	22,0	23,3	1,10	58	53	46	31	7	15
S.P.N.P.	9	91	3,0	10,2	41,4	24,0	0,94	65	64	39	25	25	14
	10	76	6,0	11,2	34,3	31,2	1,09	59	58	44	27	14	17
CAPLAIN	13	76	3,5	5,5	40,1	24,7	0,67	75	66	35	20	31	15
	14	69	21,2	21,0	13,9	26,5	1,14	57	55	40	23	15	17
P.H.P.	15	63	4,0	7,5	41,4	22,8							
	16	63	6,7	8,0	43,8	23,5							
	17	88	2,2	7,2	38,9	27,4							

BANANERAIES CAMEROUN - ANALYSE CHIMIQUE DU SOL

Plantations	n° éch. Cn	Terre fine %	Matière organ. %	Azote %	Matière humique %	Capacité d'échange méq %	Somme des bases méq %	Coeff. de saturation %	pH	K	Na	Ca	Mg	P205 ass. o/oo	P205 tot. o/oo
										méq pour 100 g					
S P B	1	80	6,7	4,3	1,1	39	39,3	100	6,8	4,3	0,5	27,8	6,7	0,63	8,5
	2	78	6,0	4,2	1,3	42	35,2	83	6,7	2,3	0,5	27,2	5,2	0,35	8,0
C.F.S.O.	3	83	5,4	3,8	1,2	25	16,0	64	5,6	1,5	0,3	10,5	3,7	0,10	7,5
	4	81	6,1	4,4	2,2	30	16,8	56	5,6	1,9	0,4	10,5	4,0	0,22	8,5
C A M	5	80	5,3	3,8	1,4	34	27,7	82	6,0	5,2	0,5	16,8	5,2	0,32	11,0
	6	78	3,7	2,3	1,0	18	13,6	76	5,7	1,4	0,4	9,3	2,5	0,25	3,7
Cie des Bananes M'BANGA	7	84	4,5	3,3	1,0	24	20,2	84	6,0	1,0	0,3	12,4	6,5	0,40	9,5
	8	83	4,7	3,3	1,0	26	20,8	80	6,0	1,3	0,5	15,3	3,7	0,65	9,3
S.P.N.P.	9	78	4,7	4,8	1,4	44	39,9	91	6,8	4,1	0,6	29,0	6,2	0,45	8,7
	10	82	6,1	3,4	1,2	33	24,7	75	6,1	4,0	0,4	15,3	5,0	0,44	8,3
CAPLAIN	13	74	8,0	5,7	1,6	36	28,8	80	6,0	2,3	0,5	20,8	5,2	0,22	11,6
	14	83	4,6	3,0	0,9	24	22,2	92	6,5	2,0	0,5	14,5	5,2	0,29	4,6
P H P	15	76	7,0	5,4	1,4	39	33,9	87	6,6	3,4	0,5	23,5	6,5		7,7
	16	82	7,0	5,2	1,6	38	34,1	89	6,5	3,5	0,5	22,0	8,1		8,0
	17	75	7,8	5,9	1,8	40	32,6	83	6,4	2,7	0,5	22,5	6,9		7,5