

FRUITS

SOLS DE BANANERAIES EN AFRIQUE

Préface de G. AUBERT - Chef du Service des sols de l'ORSTOM

I - Les sols de bananeraies et leur amélioration en Guinée

J. CHAMPION, F. DUGAIN, R. MAIGNIEN, Y. DOMMERGUES

II - Les sols de bananeraies de la Côte d'Ivoire

B. DABIN, N. LENEUF

III - Étude sur la fertilité des sols de la plaine bananière du Cameroun

F. DUGAIN

*INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHES FRUITIÈRES OUTRE MER (IFAC)
6, rue du Général Clergerie - Paris 16^e*

SOLS DE BANANERAIES EN AFRIQUE

Préface de G. AUBERT - Chef du Service des sols de l'ORSTOM

I - Les sols de bananeraies et leur amélioration en Guinée

J. CHAMPION, F. DUGAIN, R. MAIGNIEN, Y. DOMMERGUES

II - Les sols de bananeraies de la Côte d'Ivoire

B. DABIN, N. LENEUF

III - Étude sur la fertilité des sols de la plaine bananière du Cameroun

F. DUGAIN

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHES FRUITIÈRES OUTRE MER (IFAC)
6, rue du Général Clergerie - Paris 16^e

SOLS DE BANANERAIES EN AFRIQUE

La culture bananière est un élément essentiel du développement économique de nombreux pays d'Afrique. Elle tend de plus en plus à devenir une méthode intensive d'exploitation du sol. Elle ne reste extensive qu'en certaines zones où elle ne représente qu'un appoint très secondaire dans l'économie du pays, ou dans les cas de l'exploitation sylvo-bananière.

Si le bananier s'adapte assez facilement à des milieux écologiques très variés, il n'en reste pas moins très exigeant pour ce qui est de son approvisionnement en eau et en certains éléments tels qu'Azote et Potasse. Ces exigences elles-mêmes varient très largement en fonction des variétés utilisées.

La connaissance des sols cultivés en bananiers dans les différents pays, de leurs caractères et de leurs réactions aux divers traitements ou apports d'engrais et d'amendements, constitue une des bases du développement rationnel des Zones tropicales humides ou équatoriales d'Afrique.

Depuis plus de 10 ans les chercheurs de l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer, en collaboration avec ceux de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, étudient ce problème sous ses divers aspects :

- typologie des sols ; propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et leur évolution sous la culture ; possibilités d'amélioration ; fertilisation.

La brochure que présente ici l'I.F.A.C. comporte les mises au point qu'ils ont pu faire dans le cas de trois pays très différents :

- Guinée aux sols en général assez peu riches, mais le plus souvent très travaillés, et depuis longtemps, dans des conditions climatiques de sécheresse périodique excessive;

- Côte d'Ivoire, au climat plus favorable, aux sols riches dans la région de Divo ou dans certaines zones alluviales, moins favorables autour de Yapo, et très particuliers (sols tourbeux ou, au moins, très humifères) dans les vallées de Basse Côte comme celle de l'Agnébi;

- Ouest-Cameroun, aux sols riches mais parfois déséquilibrés, et au profil hydrique souvent déficient.

*Georges AUBERT
Chef du Service des Sols de
l'O.R.S.T.O.M.*

I - Les sols de bananeraies et leur amélioration en Guinée

LES SOLS DE BANANERAIES ET LEUR AMÉLIORATION EN GUINÉE

par

J. CHAMPION

*Chef de la Section « Bananes »,
Institut français de Recherches fruitières Outre-mer. (I. F. A. C.)*

F. DUGAIN,

R. MAIGNIEN, Y. DOMMERGUES

Pédologues

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer.

L'une des principales activités de la Station Centrale des Cultures Fruitières Tropicales (Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer), située à Foulaya, près de Kindia en Guinée, est l'étude des possibilités d'amélioration de la culture bananière. Dans ce but, entre autres, des essais agronomiques ont été installés depuis plusieurs années sur cette Station, et mis à la disposition des pédologues de l'O. R. S. T. O. M. Un travail en équipe a été réalisé sur ces essais, tandis que de nombreuses bananeraies étaient visitées, leurs sols analysés.

Nous disposons donc maintenant d'une somme suffisamment importante de documents, et nous avons jugé opportun de les utiliser pour préciser l'état de nos connaissances, et en tirer quelques conclusions applicables par les planteurs.

Le schéma général de cette étude est le suivant :

- 1^o *un rappel des conditions naturelles, rapide en ce qui concerne la géographie, la météorologie, mais plus approfondi sur l'origine des sols, leur évolution antérieure à la culture.*
- 2^o *Un exposé simple des profondes transformations causées par l'aménagement des terrains, puis par la transformation progressive du sol d'origine en sol de bananeraie.*
- 3^o *D'après les analyses de bananeraies, on montrera l'homogénéisation des principales caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.*
- 4^o *Une étude des répercussions des apports (terre, amendements organiques, amendements minéraux, engrais) sur les caractéristiques des sols.*
- 5^o *L'étude de la répercussion de ces techniques sur les rendements, et les cas où des corrélations ont été obtenues avec les caractéristiques des sols.*
- 6^o *Des conclusions comportant notamment :*
 - a) *l'utilisation des caractéristiques analytiques en bananeraies pour l'amélioration des sols,*
 - b) *les meilleures méthodes propres à cette amélioration,*
 - c) *les questions primordiales devant être mises à l'étude dans les prochaines années.*

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il est bon de rappeler, pour le lecteur ne connaissant pas la Guinée, quelques faits de base.

Les sols de ce territoire n'ont généralement pas la richesse naturelle pouvant amener aux rendements intensifs réclamés par le planteur. Ces rendements varient de 25 à 35 tonnes à l'hectare et parfois plus. Ceux obtenus en culture sans engrais varient de 5 tonnes à 15 tonnes à l'hectare, suivant la valeur du sol.

Cependant, la configuration topographique du pays et l'obligation de se trouver dans des conditions optima d'humidité, font que les surfaces propices à la culture sont faibles, dépassant rarement 20 hectares d'un seul tenant.

Le planteur doit réaliser sur ces faibles surfaces de très bons rendements, pour réduire ses frais généraux au maximum. Toutes les techniques de culture aboutissent donc à une méthode très intensive, si intensive qu'elle confine au « jardinage » ainsi qu'il a été souvent dit (1).

De plus, cette faible superficie oblige à abandonner toute jachère. Hormis quelques mois pour les réfections, le bananier occupe constamment le sol, parfois depuis quinze, vingt ans et plus.

On conçoit aisément que de longues années de culture aient complètement transformé le sol d'origine, aussi bien par le drainage, le travail du sol, que par les divers et nombreux apports constamment entrepris.

La première partie de cette étude, principalement descriptive, des sols à l'état d'origine, intéressera donc particulièrement les planteurs travaillant sur un terrain neuf ou relativement récent. Elle intéressera également une grande partie des producteurs africains qui n'utilisent pas encore les techniques d'apport. Il est certain qu'alors la valeur intrinsèque du sol, joue pleinement son rôle et que les rendements en sont le reflet, toutes les conditions normales de végétation étant acquises par ailleurs.

La période de transformation de ce sol plus ou moins pauvre à l'état d'équilibre naturel, en sol à bananes à forte productivité, est un problème beaucoup plus délicat. Tous les chapitres suivants tendront à fixer les méthodes propres à cette amélioration, destinée à obtenir un nouvel équilibre. Il est visible, d'après les analyses en bananeraies que ce sont souvent les plus anciennes qui donnent les meilleurs rendements. Cependant, on aboutit plus ou moins rapidement à ce nouvel équilibre, et si la fertilité primitive du sol joue un rôle en accélérant la mise en valeur, ce sont bien plutôt les techniques utilisées qui peuvent précipiter l'évolution.

Les techniques proposées ne sont pas nouvelles. Nous les avons simplement étudiées en essais, et nous avons prouvé leur intérêt par des chiffres. Elles furent autrefois employées avec succès bien avant-guerre, principalement sous forme d'amendements massifs (2). Depuis quelques années, dans l'après-guerre, ces investissements à assez longue échéance avaient été plus ou moins abandonnés au profit de l'utilisation massive des engrains minéraux. Très souvent, la mise en valeur de terres neuves donnait une ou deux productions correctes au départ, puis plus rien ; ceci parce que les améliorations foncières du sol avaient été négligées.

Nous aurons l'occasion de préciser que le sol ne joue son rôle que quand tous les facteurs sont favorables par ailleurs, et particulièrement l'état sanitaire des bananiers. La question fertilité n'est qu'un des facteurs de rendement et ce fait doit rester présent à l'esprit du lecteur.

La Station Centrale des Cultures Fruitières Tropicales de l'I. F. A. C. a abordé depuis longtemps cette question primordiale de la fertilité et de la fertilisation. Dès 1948, G. AUBERT et H. MOULINIER appliquaient des méthodes pédologiques à la description et à l'inventaire des sols de la Station (3). R. MAIGNIEN, en 1950, étudiait principalement l'aspect physique du problème de la fertilité en milieu tropical. Il intervenait sur le programme des essais agronomiques relatifs à la fumure organique et aux amendements établis par J. CHAMPION et J. MONNET (4). Il décrivait par ailleurs les sols à bananes de la région de Kindia (5). G. MONNIER put suivre ces essais au laboratoire de la Station (6).

Mais la principale masse de documents fut réunie par F. DUGAIN (1956-57) (7), grâce à de nombreuses analyses opérées sur ces essais, aussi bien que sur un nombre important de bananeraies de Guinée, réparties dans les principales régions. Y. DOMMERGUES participait plus récemment à ces travaux, du point de vue de la biologie des sols.

Les résultats de ce travail en étroite collaboration sont exprimés dans cette étude qui, en dehors de l'aridité que réclame la recherche, apporte aux planteurs des conclusions directement utilisables.

LE MILIEU NATUREL

RAPPEL DU CADRE GÉOGRAPHIQUE

Les régions de production bananière en Guinée se sont établies aux alentours des ports et des voies de communication au fur et à mesure qu'elles étaient ouvertes. Actuellement, elles se répartissent au long de la voie ferrée jusqu'à Mamou, et en bordure de la côte entre Ouassou et Benty, c'est-à-dire dans la zone comprise entre 9° et 10°30 latitude nord et 12° et 13°40 longitude ouest.

On distinguera deux zones principales, *Guinée côtière* et *Guinée intérieure*, distinctes topographiquement et en climat. En Guinée intérieure, on peut partager en deux sous-régions : Kindia à Sougueta et Linsan à Mamou, se distinguant pratiquement par l'accentuation dans la dernière, de certaines caractéristiques du climat.

Nous citerons simplement les principaux centres bananiers, une description géographique détaillée n'ayant pas sa place ici.

a) Guinée côtière.

Du Sud au Nord : Benty, Farmoreah, Forecariah, Coyah, Maneah et Dubreka ; quelques rares plantations vers Conakry et Ouassou.

Cette plaine côtière plus ou moins ennoyée par la mer est adossée aux collines qui s'étalent au pied des falaises du Benna et du Fouta-Djallon, entre lesquelles s'avance la zone éruptive du Kaloum et du Kakoulima. La mer pénètre loin à l'intérieur des terres par les rivières côtières où se font sentir les marées.

Après la bande vaseuse de bord de mer, on trouve des plaines d'alluvions marines, herbacées, plus ou moins salées, exondées récemment, puis une zone faiblement vallonnée, de formation variée, mais souvent issue de venues éruptives ou métamorphiques antécambriennes. Enfin, de ces coteaux, on arrive aux éboulis sous les falaises gréseuses.

On trouve les bananeraies soit en bordure des plaines alluviales marines,

soit sur les zones d'épandage fluviales, soit sur les colluvions meubles au pied des falaises. Le plus souvent, elles ont été installées au bord des rivières, dans le dessein d'irriguer. Celles-ci se jettent à la mer par des zones deltaïques complexes. Les grandes marées se font sentir parfois suffisamment pour qu'il soit nécessaire de protéger certaines plantations par des vannes.

b) Guinée intérieure.

a) *La région de Kindia à Sougueta* comprend les centres suivants : dans l'axe de la voie ferrée et de la route Conakry-Mamou, les régions de Kouria, Tabili, puis, nettement plus loin, Friguiagbé, Damakanya, Kindia, Santa, Kolenté et Sougueta ; très peu de plantations sur la route Kindia-Télimélé ; par contre, sur la route contournant le Benna, dans les régions de coteaux situées à Moussaya, Koffion, la culture s'est développée récemment, rejoignant l'est de la zone de Forécariah.

L'ensemble de cette zone est assez fortement accidentée, puisque les sommets du Benna et du Gangan avoisinent 1 100 m. Il s'agit d'une région principalement gréseuse, avec des accidents dus à des intrusions éruptives basiques.

Malgré la diversité des sites, on peut distinguer les zones de vallées basses, Tabili, Santa et Kolenté principalement. Ce dernier fleuve a formé sur ses rives des terrasses d'alluvions intéressantes pour la culture.

Dans les régions de Friguiagbé à Kindia, les plantations se trouvent entre 300 et 500 m d'altitude, dans toutes les vallées généralement assez étroites, d'alluvions le plus souvent gréseuses, exceptionnellement issues de roches basiques. Ces vallées sont barrées de seuils rocheux ayant favorisé des épandages en amont : ce sont des marécages avant la mise en valeur.

Au pied des falaises rocheuses qui dominent le cours moyen de la Kolenté, on trouve des colluvions doléritiques favorables, mais souvent les ressources en eau sont limitées.

b) *Région de Linsan à Mamou.* — L'altitude croît de 400 à 600 m. Les plantations se trouvent principalement sur le cours supérieur du Konkouré, et à proximité de la voie ferrée ; dans la région de Mamou, sur le cours supérieur du Bafing et du Niger.

Ce sont des sols de terrasses hautes des rivières ou de bas-fonds marécageux. Le relief est tourmenté, la végétation naturelle dégradée au-delà de Mamou. Les formations éruptives affleurent partout, diabases, dolérites, et sont fortement ferrallitisées et cuirassées.

Cependant, la limite de culture du bananier est due principalement au facteur climatique.

RAPPEL DE LA CLIMATOLOGIE

La place du climat de la Guinée bananière dans la classification d'Aubreville (8) : climat soudano-guinéen, doit être nettement précisée :

On distinguera, en correspondance avec la délimitation des deux zones géographiques citées ci-dessus :

- le climat guinéen maritime,
- le climat guinéen foutanien.

a) Climat guinéen maritime :

deux saisons tranchées : pluies de juin à octobre, sécheresse totale de janvier à avril ;

pluviométrie totale élevée : de 3 000 à 5 000 mm, avec plus de 1 000 mm en juillet et août. Le pied des falaises peut recevoir plus de 6 m d'eau.

Hygrométrie en saison sèche : plus élevée qu'à l'intérieur, dans les régions bien protégées du vent d'est, et parce que les vents de mer peuvent agir favorablement.

Variation thermique faible.

b) Climat guinéen foutanien :

Dans la zone montagneuse intérieure :

deux saisons tranchées, cependant moins vers Mamou ; les pluies rares de

saison sèche ne sont pas suffisantes pour la culture bananière. Quantités annuelles variant de 2 000 à 2 500 mm.

Hygrométrie : le minimum journalier peut descendre à 20 % en période de vent d'est (harmattan) ; le maximum nocturne remonte cependant au moins à 80 % à cette époque.

Le début de la saison sèche est toujours assez brutal, comme sur la côte.

Variations thermiques : l'écart est faible en hivernage, de 4 à 6°, mais s'amplifie au début de saison sèche, où les températures matinales peuvent descendre à 10° (Kindia), 6° (Konkouré) et même moins, températures nuisibles à la végétation du bananier nain.

Pour la culture bananière, on retiendra que la saison sèche oblige à se placer dans des situations où le sol est humide, et où l'on dispose de ressources en eau pour irriguer par une méthode ou une autre. La sécheresse de l'atmosphère et les froids sont des facteurs limitant considérablement la croissance à certaines époques. En ce qui concerne les sols, nous nous souviendrons des fortes précipitations d'hivernage et de la dessiccation dans l'autre saison.

LES SOLS DANS LEUR ÉTAT NATUREL

L'emplacement des bananeraies, d'après les paragraphes précédents, a été généralement choisi, non d'après la valeur des sols, mais d'après la proximité des voies d'évacuation en premier lieu, et ensuite selon les disponibilités en eau ou l'humidité naturelle des terres. Ainsi, ce sont les bas-fonds qui, finalement, abrités et frais, sont les plus cultivés. Souvent, des bas-fonds à fossis (*Raphia gracilis*) furent choisis uniquement parce que cette plante est l'indice d'une humidité permanente de sols qui, par eux-mêmes, sont souvent sans aucune valeur agronomique.

L'un de nous (R. MAIGNIEN) avait déjà décrit quelques types de sols de la région de Kindia (5). Cette description est reprise et résumée, tout en étant étendue et comprenant les alluvions

marines et les colluvions d'origine éruptive ou métamorphique de la zone côtière. On a conservé la distinction des terres drainées librement ou non. De même, le matériau d'origine a moins d'importance qu'on pouvait le supposer au début de ces études. Néanmoins, il est bon, car cela joue en particulier pour tous les cas de culture sans améliorations de base, d'étudier rapidement les roches d'origine, leur altération et les produits qui en découlent, et le processus de mise en place du matériau d'origine.

1) Le matériau originel :

Du point de vue stratigraphique, on distingue de bas en haut :

— une série antécambrienne complexe mêlée de formations métamorphiques et de venues éruptives ; elle affleure largement en Guinée côtière, rarement dans la zone de Kindia (Santa) et communément au-delà de Mamou ;

— une série sédimentaire d'âge primaire, constituée essentiellement de grès siliceux (plateaux du Fouta, du Benna) ;

— des intrusions éruptives basiques, périclites, dolérites (Kaloum, Kakoulima, plateaux actuellement cuirassés au-dessus de Kindia et Mamou) ;

— des formations récentes décollant de l'altération et de l'édification du modèle du pays guinéen : plateaux cuirassés et plaines alluviales des mangroves.

La nature pétrographique des roches constitutives de toutes ces formations peut se résumer ainsi :

— roches éruptives :

basiques : périclites du Kakoulima, dunites du Kaloum et dolérites des sillls de l'intérieur ; riches en fer, magnésium et calcium, pauvres en autres éléments, s'altèrent rapidement en donnant des argiles ocres à rouges (constituées d'alumine et de kaolinite, après lessivage) qui se concrétionnent et se cuirassent facilement ;

acides : granits (sud de Coyah) relativement riches en potasse, mais pauvres en calcium, magnésium, acide phosphorique, s'altérant en produits argilo-sableux à sablo-argileux, ocre

rouille, tendant à se cuirasser quand ils sont sur nappe phréatique proche.

— Roches métamorphiques :

gneiss : un gneiss calco-alcalin supérieur affleure au pied du Kakoulima ; les gneiss inférieurs (à biotite, parfois à amphiboles) dans la région de Farmoréah et de Forécariah ;

schistes : entre Moussaya et Manéah, une série classée dans la zone des micaschistes supérieurs et inférieurs : micaschistes à muscovite et biotite, peu nombreux ; quartzites de Moussaya ; schistes à muscovite, séricite et amphibole ainsi que quelques amphibolites et pyroxénites.

Ce sont des roches très altérables, donnant des produits assez semblables à ceux donnés par les granites, mais se concrétionnant plus facilement et d'autant plus qu'ils sont riches en minéraux ferrugineux.

— Roches sédimentaires :

Ce sont les grès presque essentiellement siliceux et donnant des sables agronomiquement très pauvres.

Quelques compositions de roches sont données en annexes n° 1.

2) La mise en place :

Les produits de l'altération de ces diverses roches peuvent rester en place (éluvions), débouler le long des pentes (colluvions) ou être entraînés par ruisseaulement ou percolation pour se déposer en contrebas (alluvions-vallées, plaines alluviales).

Ils sont partiellement lessivés et triés lors de cette mise en place : les éléments fins se trouvent emportés au loin (matière organique et argile). Ils constituent ainsi, après flocculation au contact de l'eau de mer, les dépôts vaseux de mangrove. Le plus souvent, les seuils rocheux qui barrent les rivières créent de courts bassins de sédimentation où se déposent partiellement les éléments entraînés. La nature texturale de ces dépôts est fonction du régime de l'écoulement. Plus celui-ci est à caractère torrentiel et plus les sédiments sont grossiers. Il en résulte que pour un bassin de sédimentation donné, la texture devient de plus en plus fine d'amont en aval.

On conçoit que plus le déplacement est long et brutal, plus le lessivage des éléments les plus solubles est complet. Les alluvions sont variables en valeur, généralement plus pauvres que les colluvions, et ce phénomène sera amplifié suivant la valeur initiale des roches.

L'enrichissement par des eaux traversant des niveaux en voie d'altération, niveaux de roches riches, et venant ensuite en contrebas dans des cultures mériterait d'être étudié (régions de Moussaya et de Koffion par exemple).

Il est assez rare que l'on se trouve proche de la roche du sous-sol en voie d'altération, et que le bananier puisse profiter directement des produits libérés. Sauf exceptions, les cas les plus courants où la roche est très proche sont également ceux où cette roche n'est qu'un grès sans valeur.

3) Les sols.

Finalement, du point de vue pédologique, on distingue deux catégories de sols où des bananeraies sont installées :

— sols à drainage libre (sous-ordre des sols ferrallitiques),

— sols à drainage déficient (sous-ordre des sols hydromorphes).

a) Sols drainés librement.

Comme le nombre de bananeraies installées dans ces conditions est très réduit, nous n'insisterons pas longuement sur leur description.

Caractéristiques principales (celles des sols ferrallitiques) :

— altération poussée des minéraux, lessivage des cations alcalins et alcalino-terreux de la silice, fixation de P_2O_5 par les oxydes d'alumine et de fer à pH inférieur à 5,5;

— horizon superficiel humifère de faible épaisseur ;

— tendance au concrétonnement et au cuitassement par concentration des hydroxydes dans des horizons bien définis.

Ces sols sont dans des situations assez élevées pour que le drainage vertical, facilité par la structure de pseudo-sable, favorise le lessivage.

Deux sous-catégories peuvent être

distinguées, dues principalement à l'aspect topographique :

Sols de coteaux : rarement utilisés à cause des difficultés d'irrigation, et seulement lorsqu'ils sont situés à proximité de reliefs plus élevés.

Profil à horizons peu différenciés, profonds souvent de plus de 2 mètres : horizon de surface gris noirâtre, peu épais, argilo-sableux, avec souvent des gravillons très indurés ; horizon sous-jacent généralement ocre, texture sableuse, poreux, lessivé ; horizon profond rouge, argileux, structure polyédrique avec tendance à l'accumulation de l'argile et du fer.

Tendance au gravillonnement et au cuitassement.

Terres très hétérogènes, contenant souvent des éléments rocheux altérés ou ferruginisés, avec un matériau originel très remanié et plus généralement des dépôts colluviaux ou alluviaux. Leur valeur intrinsèque est très variable. Elles prennent parfois une couleur brune due à un enrichissement par les eaux de percolation provenant des reliefs plus élevés et sont alors plus fertiles.

Dans la région de Kindia à Mamou, on rencontre ces sols principalement à proximité des affleurements doléritiques ; en Guinée côtière, les mêmes formations existent près des granites des gneiss et des micachistes ; elles sont plus foncées en couleur et plus riches grâce à la présence de minéraux favorables.

Par contre, les sols beiges provenant de grès et de schistes sériciteux sont très médiocres.

Sols de plaine et de terrasses : terrains alluviaux atteints exceptionnellement par les hautes eaux ; ce sont les terrasses bordant les rivières importantes (Kolenté, Konkouré), différent des sols de bas-fonds par leur bon drainage et leur manque d'humidité en saison sèche. Dans l'ensemble, ce sont des sols limono-sableux, avec des lentilles plus grossières, souvent sableuses.

Les teneurs en matière organique dépendent du niveau d'étiage par rapport à la surface, du battement de la nappe phréatique, et éventuellement de la durée de submersion. Ce sont des

sols profonds, mais comportant souvent en profondeur une cuirasse de nappe plus ou moins durcie, ce phénomène d'hydromorphie étant lié aux fluctuations du niveau de l'eau. Ces cuirasses durcissent rapidement à la suite du décapage des horizons meubles superficiels et rendent les sols incultivables, la richesse intrinsèque de ces sols varie fortement suivant l'origine des alluvions.

b) Sols à mauvais drainage.

Bas-fonds dans toute la Guinée, et alluvions marines.

Sols sur alluvions marines : ce sont des sols très particuliers, autrefois de mangrove et actuellement à l'abri des marées ordinaires, mais qui doivent être protégés parfois par des vannes contre les plus fortes marées. Ils sont généralement argileux et ne deviennent sableux qu'à des niveaux plus élevés.

Ces argiles sont collantes, de couleur gris bleuté en profondeur, riches en sulfures et sulfates et en matière organique, très acides principalement quand on les dessèche. On observe des efflorescences de chlorures et d'aluns, principalement après le drainage. On y a employé des techniques telles que le remblayage dont on parlera plus loin.

Ce sont des sols délicats à utiliser, de valeur intrinsèque généralement très faible. C'est surtout la proximité des voies d'évacuation qui a fait utiliser de tels terrains pour la culture bananière.

Sols de bas-fond : sols marécageux, subissant une hydromorphie quasi permanente, sur une partie au moins de leur profil ; l'humidité y provoque une accumulation importante de matière organique, qui se décompose mal en milieu réducteur, et reste riche en produits carbonés noirs, très acides. Fortes teneurs en azote, rapport C/N élevé, parfois supérieur à 18-20.

L'épaisseur des dépôts organiques peut dépasser 1 mètre, quand il s'agit de peuplements de fossis (*Raphia gracilis*) où le sol est constitué d'un feutrage de racines vivantes ou mortes.

Le support minéral se trouve toujours fortement lessivé et remanié à la

mise en place, d'où un appauvrissement général en bases (moins de 0,5 m. é. q. CaO % en général). La matière organique est plus ou moins humifiée, l'acidité forte (pH voisin de 4,5).

Le profil général est le suivant :

— horizon noir, riche en matière organique sur 50 cm et plus,

— horizon éclairci, ocre par l'oxydation des hydroxydes de fer drainant de l'horizon supérieur, avec même début de concrétionnement,

— horizon très blanchi au contact de la nappe phréatique.

Il y a évidemment des variations considérables suivant la profondeur du plan d'eau et la variation de son niveau. Les sols ayant un support argilo-sableux et une nappe assez constante seront à choisir. Ces alluvions sont de plus hétérogènes, ayant des poches sableuses ou caillouteuses qui modifient fortement le drainage.

Le seul facteur favorable est l'humidité en saison sèche ; le stock de matière organique est plus ou moins facilement utilisable.

En conclusion à ces descriptions des principaux types de sols à bananes, on mettra l'accent sur le fait que les richesses naturelles sont généralement faibles, que ce soit en éléments minéraux échangeables ou de réserve (Annexe n° 2). Dans les cas les plus favorables, les roches peuvent intervenir par leur altération plus ou moins intense, et à condition que celle-ci se fasse à un niveau accessible.

Il faut se souvenir qu'en Guinée, il

existe deux types de production, dont l'un se fait au moyen justement de la valeur même du terrain (bananeraies africaines qui n'emploient que très peu d'engrais et le plus souvent pas du tout) et un type de production intensive pour lequel le sol n'est qu'un support, capable cependant, plus ou moins, d'être amélioré pour stocker des éléments, mais où la richesse d'origine ne joue qu'un rôle restreint.

ANNEXE N° 2

Quelques données analytiques de sols utilisables en culture bananière.

	Alluvions Kolente	Alluvions Kolente	Bas-fond à Fossi-Benty
Azote %	0,94	0,86	4,6
Matière organique %	3,0	2,5	14,5
Matière humique totale %	0,50	"	"
Acides humiques %	0,18	"	"
K m. é. q. % échangeable	0,17	< 0,04	0,17
Ca m. é. q. % échangeable	0,64	< 0,14	0,21
Mg m. é. q. % échangeable	0,3	< 0,4	1,6

AMÉNAGEMENT DE LA BANANERAIE

Dans la première partie, nous avons exposé la nature variée des sols originaux utilisés pour l'installation des bananeraies. Nous allons voir que l'aménagement apporte, dès le départ, des transformations importantes dans la disposition antérieure des horizons du sol.

Notons que ce qui suit vaut principalement pour les terres de vallées, mais comme c'est le cas le plus général (à part quelques terrasses hautes et quelques coteaux), c'est aussi celui que nous envisagerons le plus en détail.

Le terrain étant plus ou moins marécageux, il est nécessaire tout d'abord de l'assainir pour permettre les travaux. Donc, après le simple débroussaillement qui permet de voir la surface du sol, il est presque toujours nécessaire d'établir un premier drainage (il s'agit toujours de drains ouverts, de fossés), mais dont le tracé réclame tous les soins ; on suivra au mieux le thalweg, pour éviter les surprises désa-

gréables de parties de terrain restant noyées.

Ces drains deviendront ultérieurement, si leur disposition est reconnue favorable, les collecteurs du futur drainage complet.

C'est une première transformation de l'état d'origine puisque des sols plus ou moins noyés périodiquement vont devenir aérés. Il s'ensuivra des modifications importantes, particulièrement pour la matière organique jusqu'alors mal décomposée.

Les travaux qui suivront (ou qui auront été faits d'abord si le terrain était sain) sont l'abattage et le dessouchage. En Guinée, on a toujours accordé une grande importance au nettoyage total du sol. Que le terrain soit vierge, ou en tucru depuis longtemps, ou cultivé récemment en plantes vivrières, il reste toujours encombré de troncs et de souches. Leur élimination ne modifiera que peu le sol, mais les brûlis de tous les débris apporteront des

cendres qui, mal dispersées créeront une hétérogénéité d'ailleurs de peu de durée.

Nivellement grossier, tracé des drains et des planches, dressage des bordures, etc...

Le niveling grossier consiste à araser toutes les bosses et à combler les creux de déblais. On commence dès lors à modifier le profil d'origine, par le décapage mettant à jour du sous-sol et par du remblai augmentant la couche superficielle.

Lorsque le système de drainage a été tracé définitivement, les fossés sont creusés et la terre du fond dispersée sur les futures planches.

Enfin, il faut dire un mot des termières et du dressage des bas de coteaux entourant le bas-fond. Les termières se trouvent à la limite des terres inondables. Elles seront arasées, bien que cela représente un travail considérable

lorsqu'il est fait manuellement. La terre, cimentée par le travail des insectes est épandue sur les planches voisines, et la partie arasée reste stérile de longues années, demandant des apports considérables de fumier pour donner quelques résultats.

Le planteur aime avoir une bananeraie régulièrement tracée, et cet amour des lignes droites et nettes l'a amené à redresser les bords de la vallée. Il entame le coteau sur quelques mètres, créant une zone de bordure stérile, tandis que le déblai est rapporté sur les points plus bas des planches.

Finalement, ce nouveau sol est renivelé, labouré et prêt à être planté.

On conçoit donc qu'un sol ainsi transformé soit assez différent de celui que le prospecteur avait choisi. C'est une mosaïque où le profil superficiel d'origine apparaît rarement, où l'on trouve des zones remblayées soit de terre superficielle, soit de sous-sol de coteau, soit d'une couche plus ou moins argileuse des fonds de drains. Le pédologue aura donc fort à faire pour y découvrir des profils dans l'ordre naturel.

Cette hétérogénéité de départ, après

mise en culture, est d'autant plus importante que le drainage est considérable, que le profil de la vallée était étroit et ses pentes fortes. Elle est faible dans les grandes terrasses (Kolenté) et dans quelques cas particuliers.

Mise en valeur.

Bien que le planteur ait déjà procédé à des investissements considérables pour transformer un terrain plus ou moins vierge en terre susceptible d'être plantée, le rendement obtenu est souvent décevant ; une première récolte est correcte et elle épouse le peu de réserves existantes.

En réalité, et dans la majorité des cas, le planteur va devoir améliorer considérablement son sol, et l'homogénéiser par enrichissement, de telle sorte qu'il n'aura, après quelques années, plus rien de commun avec la terre d'origine.

Cette terre doit porter une monoculture continue, sans jachère et de plus le bananier est une plante exigeante ; les rendements sont éminemment variables, mais une bonne pro-

duction varie de 25 à 35 tonnes à l'hectare et par an, ce qui est énorme, et est comparable à une culture de primeurs très poussée.

La période de mise en valeur, c'est-à-dire d'accèsion à ces rendements élevés est variable. Sauf de rares exceptions en Guinée, la teneur des sols en éléments minéraux n'est pas comparable aux quantités que l'on doit apporter pour la nutrition du bananier.

Cependant, un certain nombre de techniques, étudiées plus loin en détail, visent à faire de ce sol un meilleur outil, en améliorant ses qualités. Les planteurs ont plus ou moins empiriquement utilisé autrefois de ces procédés qui ont contribué à faire de ces sols de bonnes bananeraies dont les caractéristiques sont étudiées dans le paragraphe suivant.

Parmi ces techniques, il faut citer le remblayage en cours de plantation, dont on étudiera plus loin la valeur, puisque c'est une opération qui est encore parfois réalisée, et qui modifie considérablement les choses, les racines de bananier prospectant en majorité les vingt premiers centimètres du

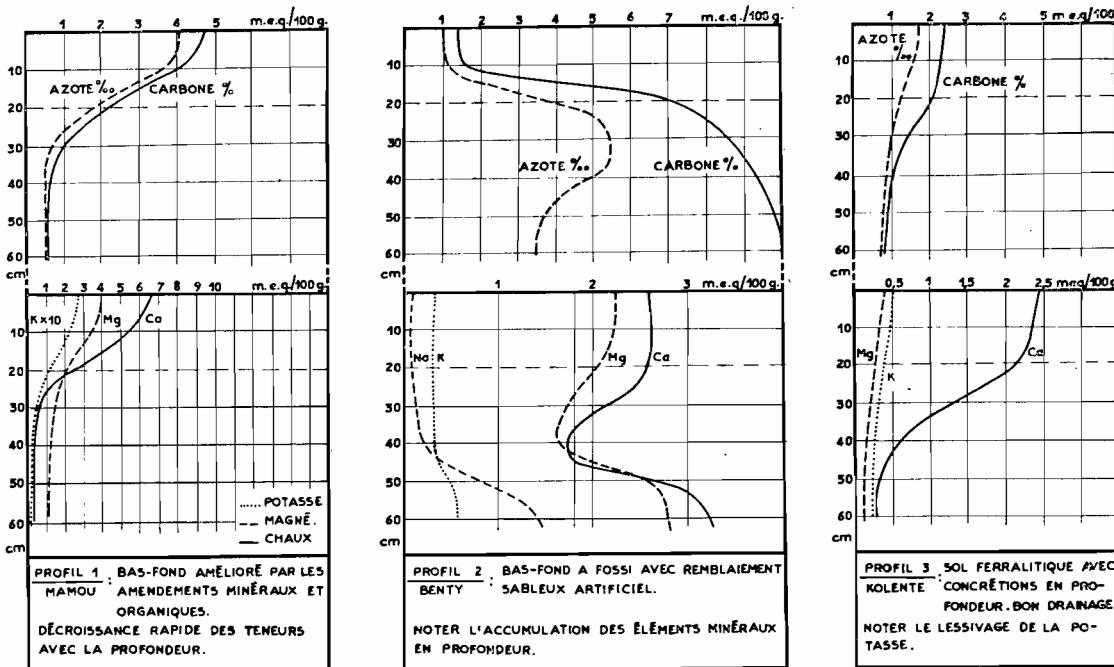


FIGURE 1 — RÉPARTITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET DES BASES ÉCHANGEABLES DANS TROIS PROFILS CARACTÉRISTIQUES SOUS BANANERAIES GUINÉENNES.

sol. Il faut citer les effets des replantations périodiques, qui, si les labours sont mal conduits et trop profonds, inversent encore les couches utile et inutile. Enfin, les apports considé-

rables de paillages et branchages (voir plus loin) ont changé la capacité des sols, tant pour l'eau que pour les engrains. L'utilisation du drainage et de l'irrigation, tendant à régulariser la

hauteur du plan d'eau, a des effets importants : évolution de la matière organique, vie bactérienne intense, phénomènes de lessivage des éléments minéraux.

CARACTÉRISTIQUES DES SOLS EN CULTURE

CONDITIONS D'ÉTUDE

1. Physico-chimiques :

a) *Bananeraies étudiées.* — Les caractéristiques physico-chimiques ont été établies sur une quarantaine de plantations bien réparties en ce qui concerne la productivité ($\frac{1}{3}$ considérées comme ayant de bons rendements, $\frac{1}{3}$ de rendements moyens et $\frac{1}{3}$ de rendements médiocres). Du point de vue topographique, la répartition est la suivante : 60 % en bas-fonds, 25 % en terrasses et 15 % en coteaux. Géographiquement, toutes les régions de production sont représentées. Il est nécessaire de préciser que ces plantations sont conduites intensivement. Il nous est apparu, en effet, logique de débuter ces études dans des bananeraies ayant une productivité correcte afin de mettre en évidence les qualités et les défauts des techniques appliquées, nos conclusions permettant de fixer des caractéristiques optimales auxquelles les bananeraies à faible rendement devront aboutir à plus ou moins longue échéance.

b) *Technique d'échantillonnage.* —

L'expérience nous a prouvé que 70 à 80 % des racines du Bananier Nain en Guinée se situaient dans les vingt premiers centimètres du sol, et l'étude d'un certain nombre de profils sous bananiers montre la décroissance rapide des éléments en profondeur (fig. 1).

D'autre part, ces sols sont d'une hétérogénéité peu commune (6) et il est nécessaire d'effectuer un grand nombre de prélèvements pour obtenir une valeur réellement représentative. Compte tenu de cette nécessité et également, de l'obligation de limiter la quantité de terre à manipuler, chaque échantillon analysé du point de vue chimique représente 12 à 16 prélevements sur une profondeur 0-15 cm et d'un poids d'environ 100 g chacun. Cet échantillon représente une parcelle d'une superficie moyenne de 1 are en bananeraie expérimentale ; en plantation, l'échantillon caractérise une unité de culture ou « carré » dont la superficie varie évidemment d'une plantation à l'autre (0,5 à 1 ha).

c) *Techniques analytiques* (voir annexe n° 3).

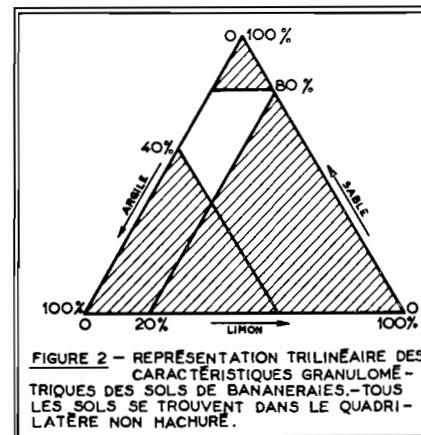


FIGURE 2 — REPRÉSENTATION TRILINÉAIRE DES CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES DES SOLS DE BANANERAIES. — TOUS LES SOLS SE TROUVENT DANS LE QUADRILATÈRE NON HACHURÉ.

2. Agrobiologiques .

Les caractéristiques agrobiologiques ont été obtenues à partir des sols de 5 plantations typiques des régions de Benty, Coyah et Kindia où les prélèvements correspondent, sauf exception, à l'horizon de surface (0-8 cm). A chaque des 77 parcelles étudiées au point de vue biologique, correspond un prélevement résultant du mélange de 30 prélèvements élémentaires.

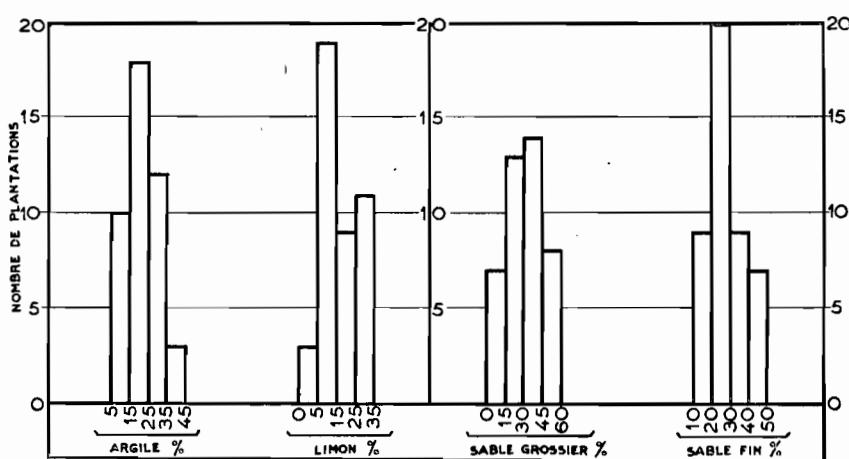


FIGURE 3 — ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES BANANERAIES GUINÉENNES : DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES.

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

1. Granulométrie.

A première vue, l'ensemble laisse penser à une grande différence dans la granulométrie des sols. Certaines bananeraies possèdent des sols d'aspect très sableux, d'autres des sols lourds et collants ; certaines alluvions ont un aspect limoneux. En fait, si nous rapportons les résultats de l'analyse à des coordonnées trilinéaires (fig. 2), on s'aperçoit qu'elles localisent les bananeraies étudiées sur une surface relativement restreinte en haut et à gauche du triangle, leur conférant une texture

argilo-sableuse à sablo-argileuse. Les alluvions de la Kolenté mises à part, et caractérisées par une teneur plus élevée en limon (15 à 20 %), le reste des bananeraies est particulièrement pauvre en éléments de cette dimension dont la teneur moyenne se situe entre 5 et 10 %, alors que l'argile, bien que variant de 5 à 45 %, se trouve le plus fréquemment entre 15 et 25 %. En ce qui concerne les fractions sableuses, il y a une nette différence entre la distribution des éléments fins (20 à 30 %) et les éléments grossiers assez également répartis de 5 à 60 % (fig. 3).

On retiendra donc surtout dans ces sols une pauvreté marquée en limon, caractère généralement assez défavorable. Cet élément joue, en effet, un rôle de liant, entre l'argile et les sables, en ce qui concerne les propriétés physiques plus particulièrement ; par exemple, à teneur égale en argile, un sol paraîtra plus lourd, plus collant, s'il n'a qu'une faible teneur en limon.

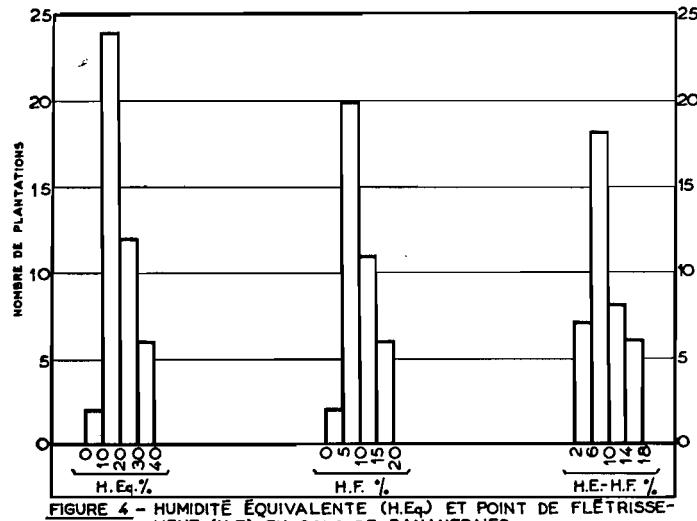
2. Structure.

Elle est variable suivant les terres ; généralement particulière dans les sols très sableux, elle devient faiblement grumeleuse lorsque la teneur en matière organique est élevée et que le taux d'argile augmente. Lorsque ce dernier est fort, le sol peut être compact, avec une macro-structure stable.

3. L'eau du sol.

Son rôle est multiple et on a trop souvent tendance à en négliger certains aspects pourtant essentiels. En premier lieu, c'est l'eau qui constitue le facteur primordial dans la décomposition des matériaux qui forment le sol. Plus tard, c'est encore la grande quantité d'eau passant à travers le sol qui, en région tropicale humide, détermine les phénomènes d'évolution, et en grande partie l'activité biologique. C'est enfin par la formation de solutions diluées qu'elle permet la nutrition de la plante.

L'eau est, en fait, aussi nécessaire à la vie du sol qu'à la vie des végétaux et c'est pour cela qu'il existe dans ce domaine une sorte de compétition sol-plante.



Lorsque l'on dose l'humidité du sol, le chiffre que l'on obtient ne signifie pas grand chose du point de vue pratique, si l'on ne connaît pas les caractéristiques du sol vis-à-vis de l'eau.

Tout d'abord, il convient de savoir quelle est l'humidité du sol au-dessous de laquelle la plante ne peut plus profiter de l'eau présente. Ce taux d'humidité, pour un sol donné, est sensiblement le même pour toutes les plantes. C'est le point de flétrissement ; à partir de cette valeur, la plante dispose de plus en plus d'eau au fur et à mesure que l'humidité du sol augmente jusqu'au moment toutefois où sera atteinte une certaine valeur appelée humidité équivalente, au-dessus de laquelle le milieu peut être profondément modifié au détriment de la plante. Nous pouvons donc distinguer 3 zones dans l'échelle des humidités :

O	Eau non disponible pour la plante. Flétrissement.
]	Suffisante cependant pour permettre une certaine activité biologique.
HF %	Conditions normales pour le sol et la plante.
]	Milieu gorgé ± asphyxiant — phénomènes de réduction influençant l'activité microbienne.
HE %	
saturation	

Le sol a donc, on le conçoit aisément, un comportement d'autant meilleur, vis-à-vis de l'eau, que la différence entre H E et H F est plus grande, cette différence constituant, en quelque sorte, les réserves du sol en eau. Nous verrons dans un prochain chapitre pourquoi les sols guinéens sont, du fait de leur granulométrie, défavorisés dans ce domaine et que, pour la plus grande partie d'entre eux, l'humidité équivalente se situe entre 10 et 20 %. Elle peut cependant atteindre 35 % dans les sols lourds (fig. 4).

La comparaison des données fournies par la mesure du point de flétrissement de 12 bananeraies a montré que cette valeur pouvait se déduire de celle de l'humidité équivalente en divisant celle-ci par un coefficient constant égal à 1,87.

$$HF = \frac{HE}{1,87}$$

Cette formule appliquée à la mesure du point de flétrissement de différents sols donne des valeurs qui oscillent entre 4 et 18 % avec un maximum entre 5 et 10 %.

Dans de nombreux cas, par conséquent, l'eau disponible, lorsque le sol est à son humidité équivalente, est assez faible puisque comprise entre 2 et 10 % (25 bananeraies sur 40) et que cette quantité n'excède jamais 18 %.

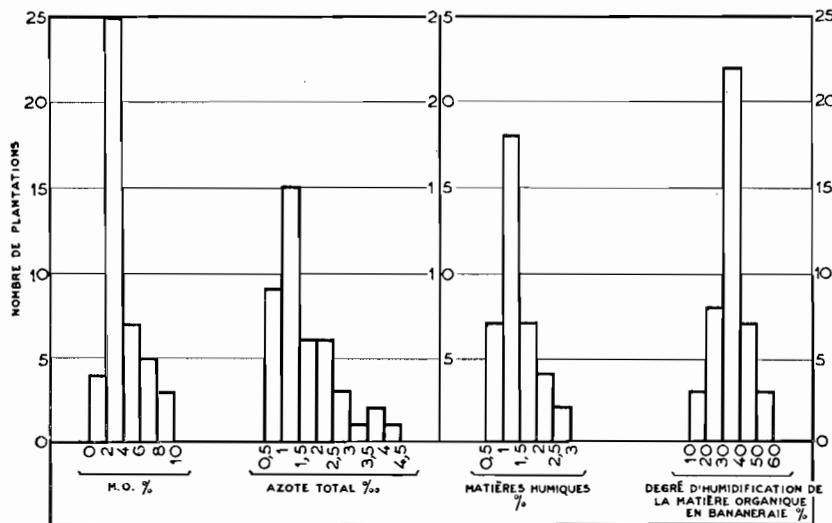


FIGURE 5 - DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES DES TENEURS EN ÉLÉMENTS ORGANIQUES DES SOLS EN BANANERAIE GUINÉENNE.

CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

1. La matière organique.

Dans l'ensemble, l'horizon superficiel des sols étudiés est assez riche en matière organique (fig. 5), puisque près des trois quarts d'entre eux possèdent une teneur supérieure à 3 %. Les plus nombreuses se situent entre 2 et 4 %. Pour 11 plantations, les teneurs sont comprises entre 5 et 10 %. Cette

matière organique évolue normalement puisque le rapport Carbone/Azote varie dans l'ensemble entre 12 et 16.

La teneur en azote varie de 0,5 à 4,5 pour mille, le taux le plus fréquemment rencontré se situant entre 1,0 et 1,5 pour mille. Le dosage de la matière humifiée montre un coefficient d'humification compris entre 30 et 40 % pour plus de la moitié des plantations. Pour l'ensemble des bananeraies étudiées, il varie de 10 à 60 % (fig. 5).

La fraction précipitable est supérieure à la fraction soluble dans la presque totalité des cas.

Nous verrons ultérieurement le rôle important que joue la matière humifiée dans les propriétés du sol.

2. Le complexe adsorbant.

Une des caractéristiques essentielles d'un sol est sa capacité à fixer les bases, d'une manière non définitive, de façon à pouvoir les libérer à nouveau suivant les besoins. Ces bases proviennent, soit des produits d'altération de la roche, soit des apports extérieurs sous forme d'engrais et amendements ; grâce à cette propriété, le sol joue en somme le rôle d'un réservoir pour la nutrition de la plante. Il nous importe de connaître d'abord la capacité de ce réservoir (ou capacité d'échange du sol), ensuite ce qu'il contient (la somme S des bases : chaux + magnésie + potasse + soude), le rapport de ces deux grandeurs nous donnera le degré de remplissage (coefficient de saturation V %).

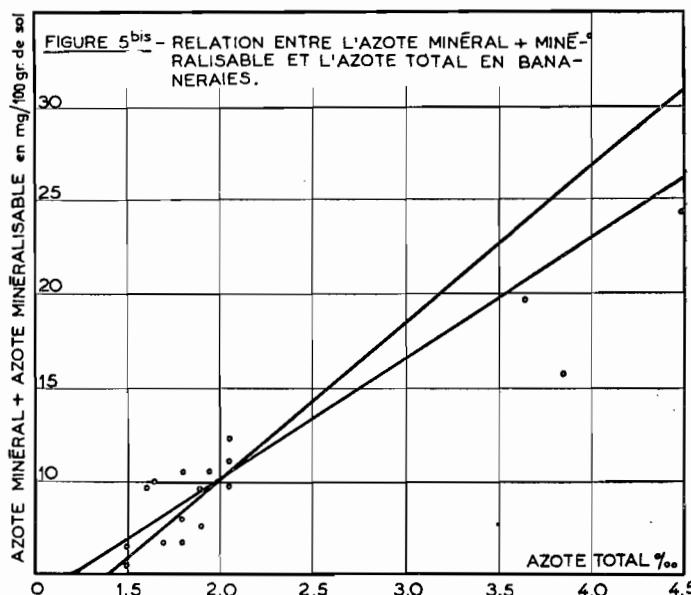
La connaissance de ces trois valeurs est importante pour le comportement du sol, mais aussi pour l'économie des engrains, et pour la productivité comme nous le verrons par la suite. Elles s'expriment en milliéquivalents pour 100 g de terre, unité commune aux différents éléments, et qui permet de les comparer entre eux. Étant donné nos conditions d'étude, on peut considérer dans tout ce qui va suivre que 1 milliéquivalent pour 100 g (m. é. q. %)

- de calcium (Ca) correspond à 700 kg/ha de Chaux (CaO),
- de magnésium (Mg) correspond à 500 kg/ha de Magnésie (MgO),
- de potassium (K) correspond à 175 kg/ha de Potasse (K₂O).

La capacité d'échange T.

Elle n'est pas très forte en moyenne (fig. 6) et se situe entre 5 et 10 m. é. q. pour 100 g. Cinq plantations ont un sol possédant une capacité d'échange supérieure à 15 m. é. q. et, pour six autres, T est inférieur à 5 m. é. q. pour 100 g.

La somme des bases est le reflet de ce que le sol a reçu comme quantité d'a-



mendement, ou tout au moins de ce qu'il en a fixé. A ce sujet, on remarque que les distributions de fréquence sont différentes de ce que l'on a vu jusqu'à présent. D'une façon générale, le nombre des bananeraies (fig. 6) diminue au fur et à mesure que les teneurs en bases augmentent (chaux, magnésie, somme S des bases), alors que pour les caractères étudiés jusqu'à maintenant on trouvait toujours une distribution assez normale. Une forte proportion des bananeraies semble donc être insuffisamment pourvue en bases, sauf pour la potasse où la teneur moyenne se situe entre 0,25 et 0,50 m. é. q. / 100 g.

L'examen du coefficient de saturation montre que la moitié des sols est saturée à plus de 60 %, et la fréquence maximum pour l'ensemble s'observe entre 60 et 80 %. Ceci confirme que 50 % environ des plantations sont quelque peu désaturées et recevraient des amendements avec bénéfice.

Nous verrons que cette désaturation de certaines plantations a pour conséquence une acidité pH assez forte. Une vingtaine de plantations, en effet, ont un pH compris entre 4 et 5 (fig. 6).

3. L'acide phosphorique.

Nous n'avons dosé que la fraction dite assimilable de cet élément sur un vingtaine d'échantillons. Les chiffres nous ont révélé des teneurs importantes ($> 0,25$ p. mille en P_2O_5 citrique dans plus de 60 % des cas) et parfois même exceptionnellement élevées (> 1 p. mille dans le cas de 6 bananeraies). Les deux méthodes d'extraction employées (acide citrique et acide sulfurique dilué) ont donné une bonne concordance (fig. 7).

4. Les oligo-éléments.

Les oligo-éléments ont été dosés dans 28 plantations. On notera encore (fig. 8) que, sauf en ce qui concerne le cuivre, le nombre des bananeraies augmente lorsque les teneurs en éléments diminuent.

En résumé :

L'étude physico-chimique de la couche de sol utilisée par les bananiers

FIGURE 6 - DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES DE QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DU COMPLEXE ADSORBANT EN SOLS DE BANANERAIE GUINÉENNE.

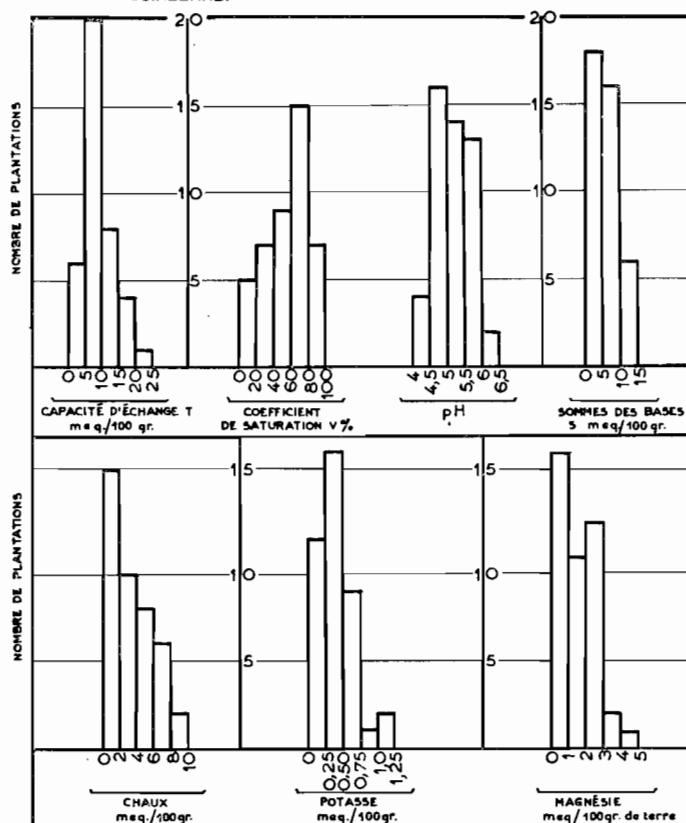
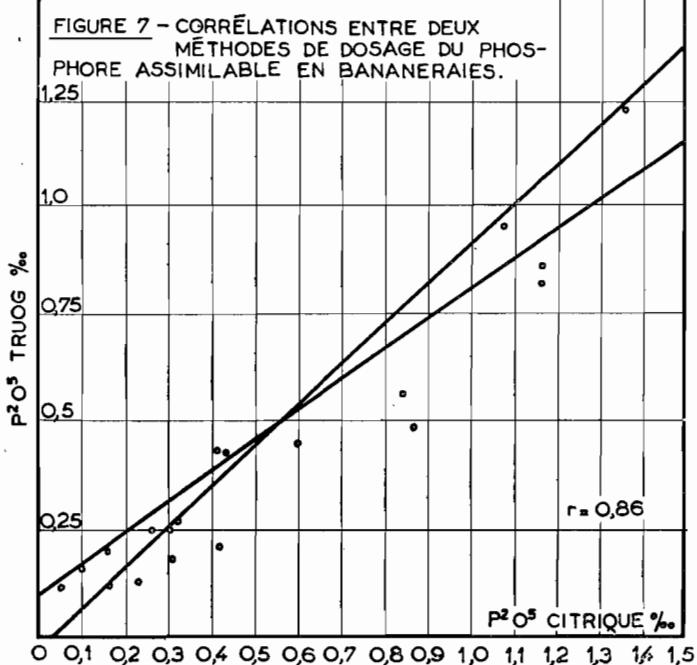


FIGURE 7 - CORRÉLATIONS ENTRE DEUX MÉTHODES DE DOSAGE DU PHOSPHORE ASSIMILABLE EN BANANERAIES.



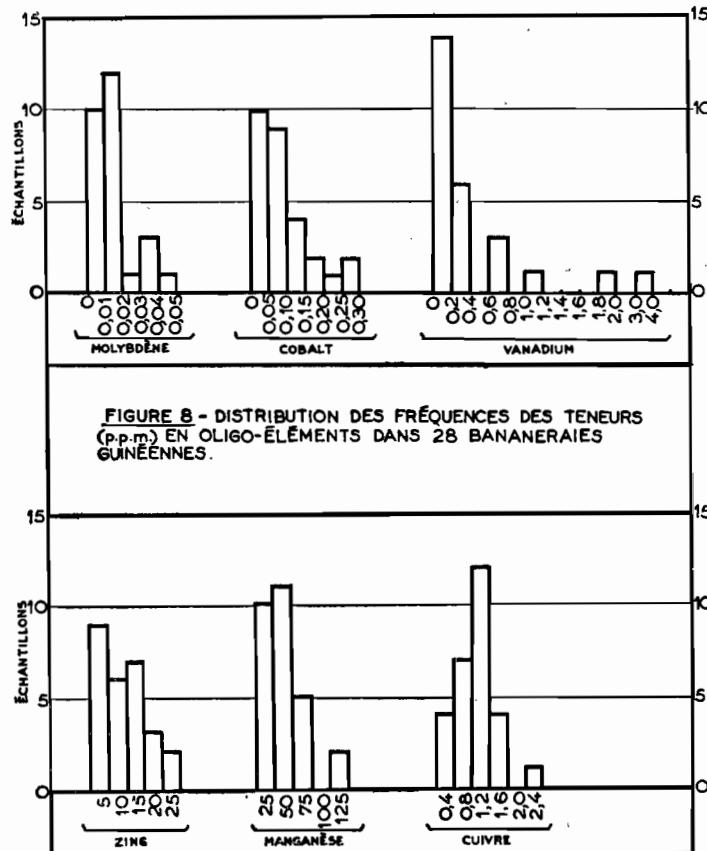


FIGURE 8 - DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES DES TENEURS (p.p.m.) EN OLIGO-ÉLÉMENTS DANS 28 BANANERAIES GUINÉENNES.

dans quelques 40 plantations, montre, par la forme même des courbes de distribution, une homogénéité certaine dans la plupart des caractéristiques étudiées.

a) Dans la granulométrie, seules les teneurs en limon (fig. 3) distinguent les alluvions de la Kolenté.

b) On ne peut pas mettre en évidence différents types de plantations d'après la teneur en matière organique ou son degré d'humification (fig. 5).

c) Une disposition analogue se rencontre pour la plupart des caractéristiques du complexe minéral (fig. 6), sauf en ce qui concerne les teneurs en chaux et en magnésie échangeables, où les courbes mettent en évidence, à notre avis, des différences entre les amendements apportés par les planteurs :

— insuffisance généralisée pour la chaux,

— insuffisance pour un certain nombre de plantations, en ce qui concerne les amendements magnésiens.

Il est un fait que certains planteurs négligent ce genre d'apport, ou l'effectuent d'une façon peu efficace, comme nous le verrons plus loin.

CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES

1. Le Cycle de l'Azote.

a) Fixation de l'azote atmosphérique. — Aucun des sols de bananeraies étudiés ne renferme d'*Azotobacter chroococcinum*, ce qui s'explique fort bien par le fait que leur pH est toujours inférieur à 6,5. Les *Beijerinckia indica* sont présents, partout ou presque, mais leur densité dépasse rarement 500 germes au gramme.

Cette relative pauvreté en *Beijerinckia* peut résulter, dans certains cas, de la teneur relativement élevée de ces sols en azote ; mais, plus souvent, il semble qu'elle soit due à certaines carences, en Calcium notamment,

ainsi qu'à l'importance des phénomènes de réduction.

b) Protéolyse. — La protéolyse est en général très satisfaisante. Les chiffres de densité les plus faibles se rencontrent dans certaines parcelles de la Ouatamba à la Station de l'I. F. A. C. à Foulaya (50 à 100 000 germes au gramme) ; ils s'élèvent à plusieurs millions dans les sols les plus fertiles (Annexe 5. Échantillons, n°s 10-20-100-130-140).

c) Ammonification et nitrification. — Les sols de bananeraie en bon état sont très bien pourvus en azote minéral et minéralisable (1), avec une nette prédominance de la forme ammoniacale. Il convient de souligner, à ce propos, l'existence d'une excellente corrélation entre le taux d'uréase des sols et leur teneur en azote minéral et minéralisable. En effet, le coefficient de corrélation calculé sur 33 échantillons de sol de plantations de Foulaya, Kindia, Coyah, Benty, atteint la valeur de + 0,767 avec une probabilité $p = 0,001$.

Au mois de mars, c'est-à-dire avant les pluies, les doses d'azote minéral et azote minéralisable oscillent dans les bonnes plantations entre 8 mg et 24 mg par 100 g de sol, soit 200 et 720 kg à l'hectare, qu'il s'agisse ou non de terrains irrigués. Ces chiffres sont élevés si l'on songe que ces résultats sont relatifs à de l'azote immédiatement utilisable par la végétation. Nous avons même rencontré un cas de plantation souffrant d'un léger excès azote (Échantillon EB 1-60. Annexe 5). A titre de comparaison, signalons que dans les bons sols à arachide du sud du Sénégal (Darou), on ne trouve jamais plus de 30 à 90 kg à l'hectare (Annexe 5 bis).

D'autre part, nous avons remarqué qu'aux bananeraies les plus productives correspondaient toujours des sols à nitrification intense. En d'autres termes, une excellente ammonification est insuffisante ; elle doit aller de pair avec une nitrification correcte qui,

(1) Pour la définition des caractéristiques biologiques étudiées ici, se reporter à l'annexe 4.

mesurée par la densité de germes nitreux, ne doit pas être inférieure à 1 000 bactéries par gramme de sol.

Pour illustrer ces faits, nous comparerons ci-dessous les sols de deux parcelles de la Station Centrale de l'I. F. A. C. : sol du Balikouré (BK) et sol

de l'Essai Potasse-Amendement (PA). Le premier sol, malgré sa forte teneur en azote minéral, est impropre à toute culture bananière car, s'il s'ammonifie normalement, il ne nitrifie pas, alors que le deuxième sol se comporte de façon très satisfaisante.

Type de sol	Fertilité	Azote nitreux	Bact. nitreuses	Azote ammoniacal	Uréase
Sol du Balikouré (BK)	nulle normale	0 7	0 880	92 0	112 92
Sol Potasse-Amendement (PA) . . .					

Faut-il conclure de ces observations que le bananier exige pour prospérer une certaine proportion d'azote nitrique ? Nous ne pouvons l'affirmer. Un fait est certain, c'est que la productivité des bananeraies est liée à la densité des germes nitreux du sol qui apparaissent une fois de plus comme d'excellents indicateurs de la fertilité des sols.

a) *Cellulolyse*. — Dans les sols normaux, l'activité de la microflore cellulolytique est toujours élevée. La densité, qui est toujours supérieure à 1 000 germes au gramme, peut atteindre et dépasser le chiffre de 10 000.

2. Le Cycle du Carbone.

b) *Saccharase* (1). — Le taux de saccharase ne dépasse pas le chiffre de 500. Dans le cas où la matière orga-

nique est très décomposée (Échantillon EB 1-130, Annexe 5), le taux s'abaisse à 180, ce qui indique une excellente minéralisation de la matière organique.

c) *Dégagement de CO₂*. — Le dégagement de CO₂, exprimé en mg/100 g de sol, rarement inférieur à 100, peut atteindre 200 mg. L'interprétation de cette caractéristique biologique est largement facilitée par l'utilisation du

$$\text{rapport } \frac{\text{CO}_2 \text{ dégagé}}{\text{C total}}$$

que nous proposons d'appeler « Coefficient de minéralisation du Carbone ». Nous en verrons une application ci-dessous. Dès maintenant, nous pouvons émettre que, dans les sols en bon état, ce rapport ne descend pas au-dessous de 0,0300.

Comme les processus de nitrification, les processus de minéralisation du Carbone sont parfois dangereusement ralentis. Un exemple particulièrement net est celui du Balikouré, déjà cité, dont le sol est caractérisé par une cellulolyse relativement réduite (la

(1) Si l'on compare différents sols présentant la même richesse en Carbone total, celui dont le taux de saccharase est le plus élevé renferme une matière organique se décomposant lentement et vice versa. En d'autres termes, le taux de saccharase, pour une même teneur en Carbone, varie en sens contraire de la vitesse de minéralisation.

densité des germes cellulolytiques est toujours inférieure à 800), un coefficient de minéralisation du carbone très faible (0,009) et un taux de saccharase anormalement élevé. Si des cas aussi graves sont heureusement assez rares, on rencontre par contre, plus fréquemment, des sols où la minéralisation du carbone est relativement lente, ce qui peut laisser craindre des phénomènes d'immobilisation nuisibles à la végétation.

Le Cycle du Fer et du Soufre.

La minéralisation du fer est, en général, active (plus de 100 000 germes au gramme). Les phénomènes de réduction du Fe⁺⁺⁺ en Fe⁺⁺ sont également intenses ; les densités de germes ferro-réducteurs observées, qui s'élèvent souvent jusqu'à 10 000 germes au gramme, en sont la preuve.

La réduction des composés soufrés et la formation de sulfures a pu être mise en évidence qualitativement, mais elle n'a fait l'objet de mesures quantitatives que pour l'échantillon EB 1-130 où l'on a dénombré 16 000 bactéries sulfato-réductrices par gramme de sol. Nous pensons que les phénomènes de réduction peuvent être parfois assez marqués pour entraîner des conséquences agronomiques non négligeables.

4. Microflore totale.

La densité de la microflore totale, dénombrée sur extrait de terre T₂P⁽¹⁾, oscille entre 5 et 30 millions pour la plupart des sols.

(2) Extrait obtenu à partir de l'horizon de surface d'un sol hydromorphe de Darou (Sud Sénégal) enrichi en phosphate bipotassique à la dose de 0,2 %.

V. LES TECHNIQUES D'APPORTS ET LEURS RÉPERCUSSIONS SUR LES PROPRIÉTÉS DU SOL

Le sol d'une bananeraie étant destiné à fournir de très hauts rendements, le planteur y pratique des apports de nature variée et ces techniques culturales modifient évidemment les caractéristiques du sol.

On distinguera successivement :

- les apports de terre ou remblayage
- les amendements organiques
- les amendements minéraux
- les engrains.

A. Les apports de terre ou remblayage.

Nous avons vu que, lors de l'aménagement du terrain, le planteur procède déjà à un remaniement du profil originel par des nivelllements, des arasements, et le creusement des fossés de drainage.

En cours de plantation, dans les bas-fonds, on utilise parfois la technique du remblayage qui consiste à transporter sur le sol une couche plus ou moins épaisse (5 à 40 cm) de terre provenant des coteaux environnant la vallée où se trouve la bananeraie.

A l'origine, cette opération put avoir différents motifs ; par exemple, sur des sols constitués en grande partie par un feutrage de racines de fossis (*Raphia gracilis*), comme il s'en trouve dans la région de Friguiagbé, le planteur constatait que les bananiers s'enracinaient difficilement et que des affaissements se produisaient rapidement, le sol se tassant à la suite du drainage. Il procédait alors à l'apport d'une couche de terre qui pouvait atteindre 40 cm et provenait des coteaux voisins, créant ainsi un support à la plante pour plusieurs années.

Un autre cas est celui des régions côtières avec leurs terres alluvionnaires basses ; le remblayage était pratiqué pour rehausser les terres plus ou moins menacées de remontées d'eau saumâtre. Dans cette même région, les terres sont en général très lourdes (plus de 40 % d'argile) donnant lieu à des phénomènes de dessication irré-

	Argile %	Limon %	Sable %	Mat. organ. %	C/N	m. é. q. pour 100 g			
						K	Na	Ca	Mg
Sol originel.....	46,3	15,5	25,0	14,5	18,3	0,17	0,19	0,21	1,6
Remblayage.....						0,06	0,13	0,14	0,6
Sol actuel sous culture	13,0	6,2	65,0	8,3	15,0	0,40	0,10	5,10*	2,5*

FIG. 9. — Effet du remblayage sur les propriétés du sol.
(* Y compris les effets des amendements.)

versible, rendant toute culture pratiquement impossible.

Les résultats de ces pratiques, peu classiques en agriculture, furent généralement si spectaculaires qu'ils suscitèrent une certaine généralisation de cette technique, même dans les cas où elle ne se justifiait pas.

Cette méthode reste cependant la plus paradoxale qui soit du point de vue pédologique. En effet, rares sont les cas où les matériaux d'apport présentent une valeur agronomique certaine. Il s'agit généralement de sables d'origine grasseuse, ou de sols riches en gravillons ferrugineux, pauvres en éléments organiques et minéraux. Le résultat en est des modifications profondes (fig. 9) tant du point de vue chimique que physique.

Dans l'exemple suivant, les chiffres mettent en évidence l'évolution de la texture par les apports sableux (si la diminution du taux d'argile peut être favorable, par contre, celle des limons est sûrement un inconvénient). La matière organique, excessive dans ce cas, est ramenée à une teneur plus normale et on constate parallèlement une diminution très sensible du rapport carbone/azote.

Du point de vue chimique, on notera que le sol rapporté est encore plus pauvre que le sol d'origine ; néanmoins, on constate que la pratique intensive des amendements amène le sol actuel à un niveau propre à une

haute productivité. On doit toutefois préciser que, de son côté, le sol en place s'enrichit dans les couches argileuses profondes du fait du lessivage au travers du sable de surface (fig. 1, profil 2).

D'un autre côté, il est certain que la pratique périodique d'apports de terre alternés avec des paillages crée un feuilletage horizontal qui, s'ajoutant à la présence d'un horizon profond imperméable, perturbe considérablement le régime de l'eau, au détriment de la plante.

On se trouve donc, après un certain nombre d'années, en présence d'un sol riche en soi, mais présentant malgré tout une hétérogénéité considérable dans le profil, susceptible d'amener certains déséquilibres. La seule façon d'y remédier consiste à un travail du sol prudent, tendant à mélanger les différentes couches.

L'utilisation du remblayage reste donc une méthode délicate, qu'il ne convient d'utiliser qu'en cas de nécessité. De toute manière, on doit conseiller au planteur qui entreprend de tels travaux d'étudier ou de faire étudier de près les terres d'apport et le sol de sa bananeraie.

B. LES AMENDEMENTS ORGANIQUES

Avant d'examiner les effets des apports organiques en bananeraie, il nous

semble utile de résumer brièvement les principaux aspects du problème de la matière organique dans le sol.

Comme pour l'eau, il peut y avoir une compétition entre le sol et la plante, dans une certaine mesure, en ce qui concerne la matière organique. Il importe, en effet, de ne pas perdre de vue le double rôle de cette portion du sol, d'une part en tant qu'amendement, c'est-à-dire de facteur améliorant les qualités du sol, et d'autre part en tant qu'engrais, dans la mesure où elle est transformée en matières minérales, elles-mêmes directement utilisées par la plante. Il convient essentiellement de ne pas dissocier ces deux aspects, qui, séparément, ne peuvent fournir que des indications insuffisantes.

En effet, si le dosage de la matière organique et de ses principaux constituants nous renseigne sur sa qualité d'amendement, et nous verrons plus loin que ce rôle est très important, il n'en reste pas moins qu'on ignore en grande partie ses possibilités de fournir à la plante les éléments minéraux qui lui sont indispensables. Nous avons pu constater en bananeraie, dans certains cas, un phénomène de « blocage » tel qu'en dépit de nombreux caractères favorables, le sol était d'une infertilité totale. Par contre, une minéralisation très active peut amener le stock de matière organique à un niveau où il ne peut plus jouer un rôle efficace dans le comportement du sol vis-à-vis de l'eau et de certains éléments minéraux ; il en résulte des conditions défavorables, nuisibles à la productivité.

Il s'agit donc, en pratique, d'amener le complexe organique du sol à un état d'équilibre, conséquence de deux tendances opposées : l'élaboration des colloïdes qui améliorent le sol, et leur minéralisation qui nourrit la plante.

1. Méthodes d'apport.

Nous sommes obligés ici de faire quelques digressions sur les méthodes qui furent utilisées, leurs variations et celles qui sont actuellement en usage ou conseillées.

Dès l'origine de la culture bananière en Guinée, les planteurs, qui furent des expérimentateurs puisqu'il s'agissait de

fixer des techniques, surent que le bananier réclamait des apports organiques.

On note dans la littérature comme dans les souvenirs de bien avant-guerre, l'utilisation de fumiers naturels, d'excréments secs, etc... avec un grand succès. Cependant, ces utilisations étaient réduites localement, car les troupeaux étaient relativement peu nombreux dans les régions bananières.

Paillage et branchage. — La culture bananière s'étendit rapidement à partir de 1930 et il semble que ce soit vers cette époque que se répandit la méthode de couverture du sol avec d'épaisses couches de branchages ou de pailles. Nous ne savons pas exactement quel fut l'instigateur de cette méthode, mais il est certain qu'elle était généralisée avant-guerre.

C'est principalement le rôle protecteur de cette couverture qui retint l'attention des cultivateurs d'alors. Ils travaillaient à des densités faibles, variant de 1 200 à 1 800 bananiers à l'hectare, et le sol se trouvait fortement insolé pendant plusieurs mois de l'année. Cette couverture était une protection efficace contre la sécheresse, et le sol conservait une certaine humidité et une certaine fraîcheur. C'était également une protection réelle contre le développement des herbes adventices.

Telle qu'elle devait être appliquée alors, la technique comprenait souvent deux paillages par an, l'un avec des pailles mûres en début de saison sèche, et l'autre en pailles vertes en hivernage. Très souvent, un labour d'enfouissement était exécuté avant la mise en place d'un nouveau paillage. Le sol était donc pratiquement constamment couvert.

Dans ces conditions, la protection étant permanente, on pouvait considérer qu'il s'agissait d'une excellente pratique culturale. On peut même penser que cette couche ralentissait fortement les infiltrations des pluies d'hivernage. Les engrâis, apportés en grandes quantités deux fois par an, étaient relativement moins lessivés que sur sol nu.

Depuis quelques années, cette technique s'est progressivement dégradée pour plusieurs raisons ; on ne trouve plus les paillages d'antan. L'augmentation progressive du coût de la main-

d'œuvre est une cause, mais il faut noter également que les terrains incultivables ou incultivés sur lesquels se pratiquaient ces récoltes de paille, aux alentours des bananeraies, se sont appauvris petit à petit ; ils se sont raréfiés du fait de la grande extension des bananeraies. Certaines régions ont des plateaux latéritiques ne donnant que peu de pailles. Dans d'autres, les grandes plaines devraient être aménagées pour une coupe mécanisée.

Le paillage a donc évolué, et ses avantages disparaissent rapidement ; le fait d'apporter une couverture de plus en plus mince par exemple, présentait de nombreux inconvénients : alors que sur 60 ou 80 cm, on fabriquait un véritable fumier en place, où les racines puisaient directement (on constatait communément un lacis de racines à la surface du terrain), sur 20 ou 30 cm, cette décomposition est difficile, les racines peuvent se dessécher, l'écran n'étant plus suffisant. L'effet de protection contre la dessication ne persiste que 2 à 4 mois, tandis que les mauvaises herbes arrivent à percer plus rapidement.

Par ailleurs, la modification d'autres techniques de culture rend le paillage moins praticable et moins justifié. Les densités de 2 000 à 2 500 bananiers à l'hectare, conseillées dans le but de couvrir au maximum le terrain, permettent d'obtenir un « auto-ombrage » en bananeraie, et donc moins de pertes par dessèchement, et moins d'enherbement. Ainsi, nous pensons que le paillage ne se justifie que pendant les quelques mois où les bananiers sont trop jeunes pour couvrir le terrain. Ajoutons que dans les bananeraies denses, la mise en place des pailles ou branchages n'est pas facile, et abîme feuilles et régimes.

En conclusion, disons que la technique de couverture morte est encore assez utilisée en Guinée, et qu'elle constitue, quand elle est suffisamment épaisse, un apport organique intéressant. Cette méthode peut être, en culture familiale africaine où la main-d'œuvre n'est pas comptabilisée, la meilleure manière d'apporter de la matière organique tout en conservant un terrain propre. Pour l'exploitation

requérant la présence de salariés, le paillage est une technique chère et une solution de remplacement a été recherchée.

Fumier artificiel. — Le principe est d'utiliser ces mêmes pailles de brousse et de les transformer préalablement en fumier avant de les enfouir en bananeraie.

Nous verrons plus loin que les effets sur le sol d'une part, et sur les rendements de l'autre, sont loin d'être identiques entre paillage et fumier. La méthode du fumier artificiel a donné de bons résultats et des planteurs de plus en plus nombreux l'utilisent.

Le grand avantage de la méthode est de rendre les pertes minimales au cours de la décomposition qui est pratiquée avec les méthodes les plus classiques (apport d'azote pour favoriser la fermentation, arrosage des tas au départ et maintien d'une bonne humidification jusqu'à consommation). L'enfouissement dans le sol de bananeraie assure une bonne répartition de l'humus dans la couche utile.

Parfois les planteurs disposent ou ont construit des plates-formes et des fosses étanches, mais une excellente méthode, et par ailleurs fort économique, consiste à établir les tas de fumiers sur le sol de la bananeraie elle-même, en changeant les emplacements après chaque fabrication. On réduit alors les déplacements au minimum. On obtient des résultats différents selon le matériel végétal utilisé : les pailles non mûres se décomposent très rapidement ; de même les déchets de désherbage en bananeraie. Par contre, les graminées coupées en saison sèche, sont durcies, souvent siliceuses et se décomposent très mal.

Nous donnons quelques renseignements sur la composition des pailles et celle des différents fumiers (fig. 10). Ces chiffres montrent l'extrême diversité du matériel utilisé et des fumiers obtenus.

Quelles sont les quantités apportées sur ou dans le sol de bananeraies :

En paillage. — Un paillage de 30 cm de hauteur, en paille sèche, sous-entend un tonnage de 70 à 90 t/ha ; cette hauteur étant celle observée avant tassement ; un paillage de 60 cm de

hauteur peut atteindre 200 tonnes de végétaux à l'hectare.

Ces chiffres sont approximatifs et changent selon les pailles utilisées.

En branchage, nous n'avons pas de chiffres suffisants pour être cités ici. Notons que cette technique est parfois préférée au paillage et qu'on lui attribue des effets plus rapides, probablement parce que les feuilles séchent, tombent sur la surface du sol et pourrissent plus rapidement que les pailles.

En fumier artificiel. — On obtient 2 à 2,5 fois plus de fumier en poids qu'on a apporté de paille au départ, selon la maturité des pailles, l'avancement de la décomposition, etc...

On apporte le plus facilement le fumier artificiel aux replantations, dans le trou ; on peut alors appliquer de 50 à 100 t/ha sans difficultés. Pour des applications atteignant 200 t/ha, on peut épandre sur toute la surface du sol et enterrer par un labour. L'essentiel est que le fumier soit enfoui le plus rapidement possible.

Pour les épandages en cours de plantation, qui sont efficaces, la meilleure méthode est, pour éviter le bris de trop nombreuses racines, de les faire autour du pied, en « couronne », en enterrant le fumier peu profondément, ou même en le recouvrant de terre grattée le plus loin possible des bananiers. Les apports en tranchées ou en trous ne sont pas toujours recommandables, en particulier dans les bananeraies fortement parasitées d'anguillules.

L'économie de ces deux méthodes a été étudiée, mais nous n'y insisterons pas : il faut moins de paille pour faire du fumier que pour faire du paillage. Un paillage de 100 t/ha vaut environ 50 000 fr CFA l'ha ; un apport de 100 tonnes de fumier artificiel environ 40 000 fr CFA, avec des effets beaucoup plus favorables sur le rendement.

Dans ce chapitre, nous étudierons d'abord l'incidence des différents apports sur la matière organique du sol.

2. Incidence des différents apports sur la matière organique du sol.

Dans un certain nombre d'essais mis en place sur la Station Centrale, on a pu étudier les propriétés du sol en

fonction du mode d'apport organique :

a) *Essai Fumure organique n° I*

- Nous avons retenu trois des traitements étudiés dans cet essai :
- traitement « paillis » à raison de 120 t/ha annuellement,
- traitement « compost » à raison de 100 t/ha annuellement,
- traitement mixte : 100 t de compost + 60 t de paillage.
- témoin ne recevant aucun apport organique autre que les déchets de bananiers laissés sur place.

L'essai comprend 5 blocs.

a₁) *Influence sur le stock de matière organique du sol.* — Au bout de sept années de traitements, le dosage de la matière organique montre une différence sensible entre traitements et témoin. Aussi bien d'ailleurs, en ce qui concerne le carbone, l'azote ou la matière humifiée, nous retrouvons le même ordre dans les traitements, et la même différence par rapport au témoin ramené à 100.

Ces différences sont généralement significatives, sauf pour la matière humifiée où l'effet du compost est moins net.

La figure n° II résume les résultats obtenus au bout de ces années.

On pourrait donc conclure, à première vue, que des apports enrichissent le sol en matière organique. En fait, il n'en est rien et la comparaison avec les teneurs trouvées en 1953 et 1954, montrent que le témoin s'appauvrit considérablement et que les traitements ne suffisent pas toujours à maintenir dans le sol, le stock de matière organique initial. En effet, entre les prélèvements de 1953 (État du sol en fin du premier cycle) et 1954 (état du sol début du second cycle), la terre a subi de profondes modifications par le labour et la re plantation ; la remise en surface d'une partie de l'horizon de profondeur amène un appauvrissement des vingt premiers centimètres, les apports organiques ne font ensuite que maintenir le sol à ce nouveau stade. Cet effet de travail mécanique a été constaté sur un autre essai pendant la première année du cycle.

a₂) *Influence sur la minéralisation de la matière organique.* — A partir des

FIGURE — 10 LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE DE LA STATION CENTRALE DES CULTURES FRUITIÈRES TROPICALES, FOULAYA

Analyse de 4 plantes à paillage.

Nom	Poids frais à l'analyse	Poids sec %	Éléments minéraux % de poids sec				
			N	P	K	Ca	Mg
Gbété (<i>Anadelphia arrecta</i>)	606 g	48,7	0,6	0,03	0,27	0,06	0,03
Couly (<i>Pennisetum purpureum</i>)	192 g	18,0	0,7	0,07	0,4	0,25	0,04
Kalé (<i>Rottboellia exaltata</i>)	708 g	40,3	0,64	0,058	0,54	0,46	0,05
Yobani (<i>Andropogon macrophyllus</i>)	666 g	37,3	1,02	0,082	0,96	0,25	0,07

Les résultats comportant un seul chiffre significatif doivent être considérés comme des ordres de grandeur (à 30 % près environ), les autres sont à 10 % près.

Le Gbété et le Couly sont extrêmement riches en fer et sans doute aussi en silice.

Analyse de composts. (Résultats exprimés par rapport à la matière sèche.)

Échantillon	Nature du fumier	Humidité %	Azote total %	Humus total à froid %	Humus précipitable %	H. préc. H. total %	Perte au feu	P ₂ O ₅ total %	K ₂ O %
FA ₁	Paille brousse + 4 kg SO ₄ Am. à la tonne	83	0,6	1,5	1,1	73	70,7	0,02	—
FA ₂	Herbe sèche + déchets plantat.	83	1,4	2,0	1,4	70	64,1	0,26	0,08
FA ₃	Herbes plantation + troncs	75	1,6	5,4	2,3	42	60,6	0,83	2,4
FA ₄	Troncs et feuilles	72	0,9	2,2	1,0	45	38,3	0,11	0,05
FA ₅	Terreau d'un an	65	0,9	2,2	1,2	55	32,5	0,34	0,04
FA ₆	Terreau d'un an	51	0,5	1,6	0,8	50	12,9	0,07	0,01

colloïdes organiques élaborés, la flore microbienne du sol, et certaines réactions chimiques provoquent la mise en liberté d'éléments minéraux dont certains peuvent être assez facilement évalués ; on se rendra compte notamment de l'importance de ces transformations par le dosage du gaz carbonique et de l'azote minéral et minéralisable. En faisant le rapport de ces quantités, aux quantités totales présentes dans le sol, il est possible, pour le carbone, de caractériser les différents apports (fig. 11 bis), ainsi que le montre l'étude agro-biologique des amendements organiques dans l'essai fumure organique n° 1.

L'analyse statistique (1) des deux

(1) Bien que l'analyse statistique montre que l'accroissement de la densité du *Bejerrinckia* soit probable (0,05), nous préférons passer sous silence cette observation, car l'erreur d'échantillonnage en ce qui concerne ces germes, est très élevée. Pour les mêmes

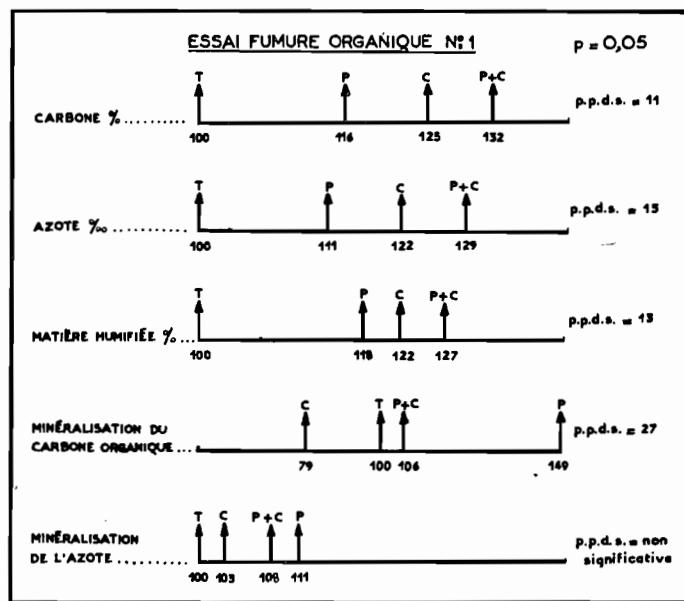


FIGURE 11 — COMPARAISON DE TROIS TRAITEMENTS ORGANIQUES EN BANANERAIE EXPÉRIMENTALE

T = TÉMOIN

C = COMPOST

P = PAILLIS

P + C = PAILLIS + COMPOST

séries de prélèvements effectués sur l'essai fumure organique n° 1, fait l'objet des deux tableaux (Annexes 6 et 7).

Paillis. — L'action du paillis sur le métabolisme de l'azote n'est pas statistiquement significative ; il est possible, toutefois, de dégager, les tendances suivantes :

- accélération de l'ammonification, marquée par une augmentation du taux d'uréase,
- ralentissement de la nitrification,
- accroissement des réserves du sol en azote minéral et minéralisable sous forme ammoniacale.

En ce qui concerne le cycle du Carbone, on observe une augmentation très significative (0,01) du dégagement de gaz carbonique et un accroissement de 49 % (Annexe 7) du rapport $\frac{CO_2}{C}$ (coefficient de minéralisation du carbone), mettant en évidence une excellente décomposition de la matière organique.

Le pH n'est pas sensiblement modifié par le paillis.

Compostage. — Entre 1956 et 1957, il y a eu une évolution de l'activité biologique qui s'est traduite, par rapport au témoin, par une diminution relative de la densité des germes nitreux, une augmentation relative du taux de saccharase, une augmentation relative du dégagement de CO_2 , une acidification.

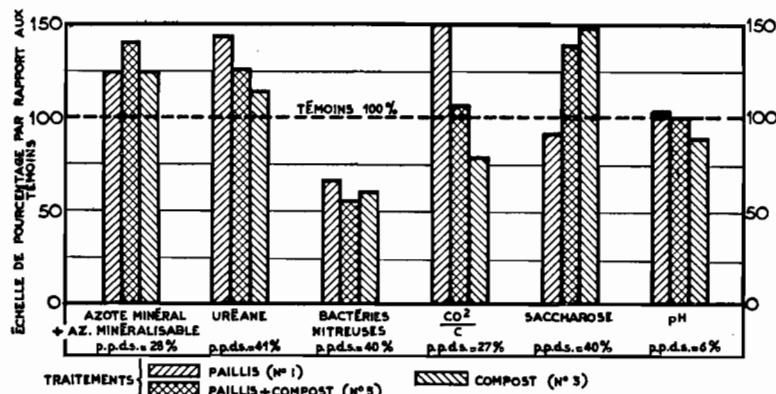
Ces modifications sont, semble-t-il, la conséquence d'une incorporation du compost plus rapprochée des prélèvements d'échantillons en 1957 qu'en 1956 ; elles pourraient aussi être dues à des variations dans la qualité du compost enfoui.

Nous limiterons notre interprétation aux résultats des prélèvements effectués en 1957.

Le compostage, comme le paillis, tend à accroître le taux d'azote minéral et minéralisable sous forme ammoniacale. A la différence du paillis, il acidifie le sol et accroît la teneur du sol en matière organique à minéralisation

raisons, nous avons cru devoir nous montrer aussi circumspect en ce qui concerne l'interprétation de la densité des germes cellulolytiques.

FIGURE 11bis — EFFET DU PAILLIS ET DU COMPOST SUR L'ÉQUILIBRE BIOLOGIQUE DU SOL.— ESSAI FUMURE ORGANIQUE N°1.



lente : le rapport $\frac{CO_2}{C}$ diminue en effet de 21 % dans les parcelles compostées, comparées aux parcelles témoins.

Association compost-paillis.

Dans le cas des prélèvements effectués en 1957, cette association donne des résultats intermédiaires entre ceux du paillis et ceux du compost, sauf en ce qui concerne le taux de l'azote minéral et minéralisable qui est ici partout plus élevé qu'ailleurs. Il résulte de l'interprétation statistique qu'il s'agit seulement d'une tendance (1). Mais cette indication nous semble très intéressante. Elle est d'ailleurs confirmée par le fait que les rendements, dans le cas de ce traitement, sont plus élevés que partout ailleurs (bien que non significativement).

En résumé, l'action du paillis et celle du compostage s'exercent dans le même sens en ce qui concerne l'ammonification, qui est particulièrement activée, et la nitrification qui est légèrement ralenti. L'accroissement des réserves en azote minéral et minéralisable qui en résulte dans les deux cas, se traduit par une tendance à l'amélioration des rendements. Quant à la minéralisation du carbone, les deux traitements ont une influence opposée : alors que le paillis accroît la teneur du sol en ma-

tière organique bien décomposée, le compost l'enrichit en substances carbonées à minéralisation plus lente. Le compost est donc à conseiller de préférence au paillis dans les cas où l'on craint un épuisement trop rapide des réserves du sol.

b) *Essai engrais n° 3 (Bananier nain).* — Cet essai, destiné à comparer les effets de différentes formes d'acide phosphorique, a en outre subi, sur chaque parcelle, des traitements organiques. Nous n'avons retenu que les extrêmes, à savoir :

- sous-traitement 0, pas d'apport organique,
- sous-traitement 8, 80 kg par pied, soit 200 t/ha de compost.

L'essai comprend 4 blocs.

Bien que nous n'ayons pas pu suivre l'essai pendant les premières années, les résultats obtenus en fin de cycle permettent d'en tirer des conclusions intéressantes.

b₁) *Effet sur la teneur en matière humifiée du sol.* — La fig. 12 donne les valeurs de la matière humifiée pour les deux traitements (moyennes de 4 parcelles).

On constate une augmentation très nette du taux de matière humifiée pour les parcelles ayant reçu du compost.

Cette augmentation est significative pour les groupes 2 et 3 qui étaient précisément les moins riches en humus.

La courbe (fig. 13) des accroissements en fonction de la teneur initiale met en évidence un état d'équilibre de la ma-

(1) Le test de *t* indique pour le traitement 5 (compost + paillage) une supériorité probable par rapport au témoin. Mais le test de *F* ne confirme pas ce fait ; cette différence peut être due à la grande hétérogénéité de l'ensemble expérimental.

tière organique : plus la teneur du sol est élevée en matière humifiée, moins elle s'accroît sous l'effet d'un même traitement, et ceci confirme l'idée de « confection » du sol en plantation ; pauvre à l'origine en matière organique, la terre s'enrichit sous l'effet des apports, et ayant atteint son optimum, elle peut se contenter de doses d'entretien.

TENEURS EN MATIÈRES HUMIFIÉES %				
traitement ss. trait.	1	2	3	4
↓				
O	1,89	1,38	1,56	1,84
200 T/HA	1,92	1,75	1,76	1,88

FIGURE 12—VARIATION DES TENEURS EN MATIÈRES HUMIFIÉES SOUS L'EFFET DE 200 T. DE FUMIER ARTIFICIEL PAR HECTARE.

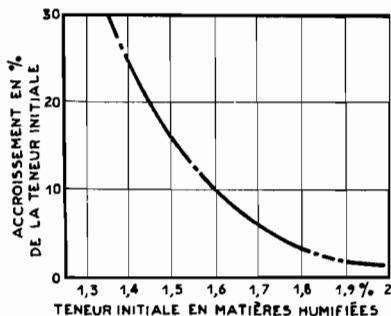


FIGURE 13—L'EFFET DU TRAITEMENT EST INVERSEMENT PROPORTIONNEL À LA TENEUR INITIALE EN MATIÈRES HUMIFIÉES.

CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE DE 4 PARCELLES.

b.) *Effet sur le pH du sol.* — Dans tous les cas, et pour des valeurs du pH assez variables, on note une certaine acidification du sol sous l'effet du fumier artificiel (fig. 14) : environ 0,2 unité pH. Cet abaissement est significatif.

c) *Essai Fumure organique n° 3.* — Cet essai a pour but de comparer l'action de certains « humus artificiels » avec celle du branchage et du fumier artificiel.

L'étude porte sur 5 traitements comportant chacun 3 répétitions :

1. Fumier artificiel : 100 t/ha/an en 2 épandages.
2. Humauby : 10 t/ha/an en 4 épandages.
3. Bacter Azote : 10 t/ha/an en 4 épandages.
4. « Angibeaux » : 10 t/ha/an en 1 épandage.
5. Branchage : 10 t/ha/an en 1 épandage.

Les analyses ne nous ont pas permis de mettre en évidence une différence quelconque entre traitements, quels que soient les caractères étudiés (matière organique, azote total, matière humifiée, pH). Cependant, il est difficile d'en tirer une conclusion du fait de la richesse initiale du sol. On y trouve, en effet, plus de 5 % de matière organique totale, un taux d'azote voisin de 2 %, et une teneur en matières humifiées supérieure à 2 %. Il est certain que cet état de choses peut masquer l'effet des traitements, ainsi que nous l'a montré l'essai précédent.

d) *Comparaison de deux composts appliqués sur plantation.* — Nous avons vu (fig. 10) que les composts fabriqués avec divers matériaux possédaient des qualités très différentes du point de

vue chimique. L'analyse de quelques-uns de ces composts nous a montré la pauvreté du produit obtenu à partir des plantes de brousse, en comparaison des composts provenant des plantations. Cette supériorité semble confirmée par l'analyse du sol de deux carrés de la même plantation, recevant chacun l'une de ces formes d'apport (fig. 15). Bien qu'il soit impossible d'en tirer des conclusions formelles, cette similitude est cependant très intéressante et des essais plus rationnels pourraient être suivis à ce sujet.

En résumé :

Ces comparaisons entre les différentes formes d'apports permettent de dégager un certain nombre de conclusions pratiques :

a) l'effet des apports est d'autant plus sensible que le sol est moins riche en matière organique.

Il semble exister une teneur maximum, au-delà de laquelle on aurait affaire à des produits résiduels.

b) Ce fait, joint aux résultats obtenus dans l'essai Fumure organique n° 1, permet de conclure à une bonne évolution de la matière organique, et à une minéralisation assez rapide pour justifier des épandages importants, ceci afin de maintenir un stock suffisant dans le sol.

c) En ce qui concerne précisément le maintien d'une teneur suffisante en colloïdes organiques, le compost paraît très supérieur au paillis ; nous verrons, en outre, qu'en dépit d'une meilleure minéralisation de cette dernière forme de matière organique, les rendements sont loin d'être améliorés.

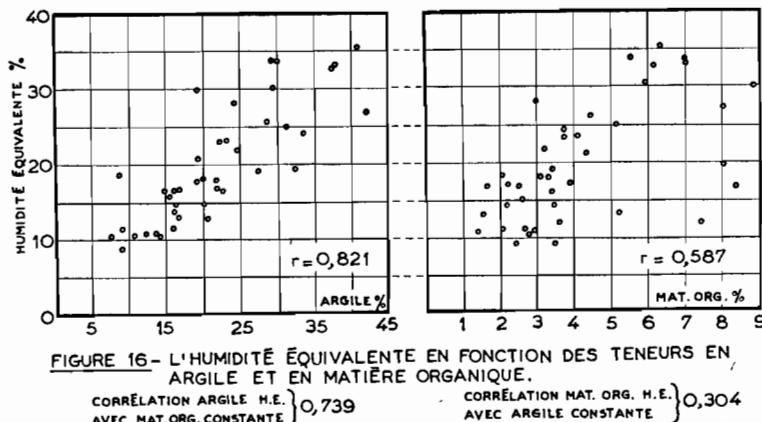
d) Les meilleurs composts, du point de vue chimique, s'obtiennent avec les

VALEUR DU pH (MOYENNES DE 4 PARCELLES)				
traitement ss. trait.	1	2	3	4
↓				
O	5,2	5,95	5,5	5,4
B	5,0	5,55	5,4	5,2

FIGURE 14—L'APPLICATION DE 200 T/HA DE FUMIER ARTIFICIEL AMÈNE DANS TOUS LES TRAITEMENTS UNE LÉGÈRE ACIDIFICATION.
P.P.d.s.=0,2 unité pH

Échan- tillon 0-20 cm	Épandage organique	Azote total %	Matière humifiée %	Acides humiques %	Acides fulviques %
P1 201... 211...	Déchets de plantation 150 t/ha Herbe de brousse 150 t/ha	2,54 1,57	2,1 1,4	1,4 0,8	0,7 0,6

FIG. 15. — Analyses de sol de deux secteurs d'une même plantation recevant des apports organiques de nature différente.



résidus de plantations ; il est d'ailleurs logique que la flore se développant sous bananiers reflète les propriétés plus ou moins améliorées du sol.

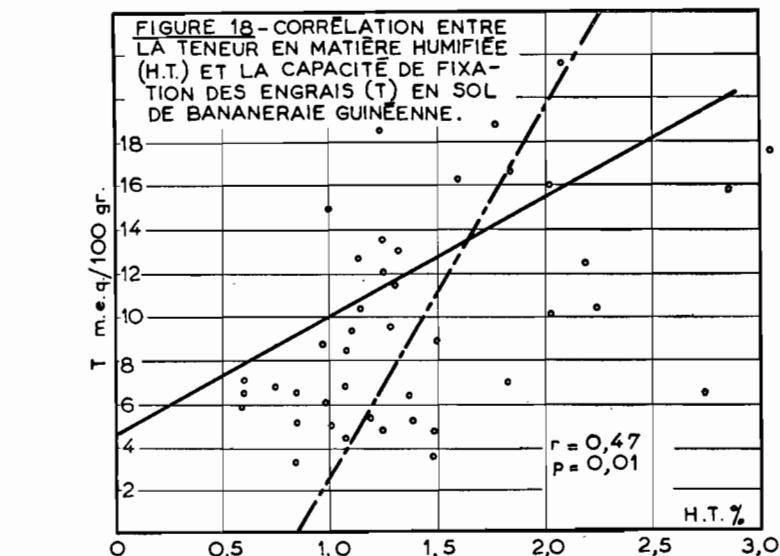
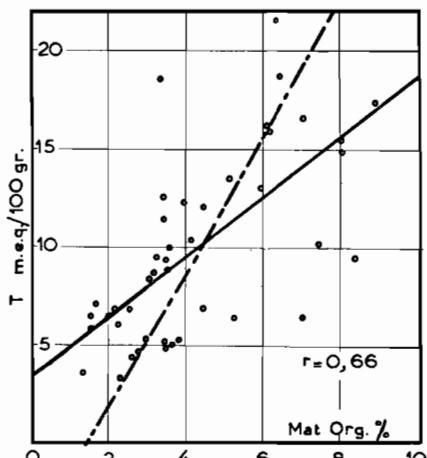
3. Importance du complexe organique en culture bananière.

Au début de cette étude sur la matière organique, nous avons signalé le double rôle qu'elle devait jouer pour assurer une bonne production. Nous allons ici préciser ces idées, et montrer d'une façon concrète son action sur certaines propriétés du sol.

a) La matière organique en tant qu'amendement.

a.) Nous connaissons les relations entre la matière organique et le comportement du sol vis-à-vis de l'eau. Sans être aussi important que celui de l'argile, son rôle est cependant loin d'être négligeable, car il permet, sur une plantation donnée, l'amélioration de ce comportement, tandis que l'action des colloïdes minéraux est fixée une fois pour toutes. La figure 16 met en évidence le rôle de la matière organique comparé à celui de l'argile, en ce qui concerne l'humidité équivalente.

a₂) Une autre caractéristique du sol est en liaison avec le complexe organo-minéral : c'est la capacité d'échange ou possibilité de fixation des bases dont il a déjà été question dans la première partie de cette étude. Nous pouvons constater, en effet, que cette valeur est d'autant plus élevée que la teneur en argile ou en matière organique augmente.

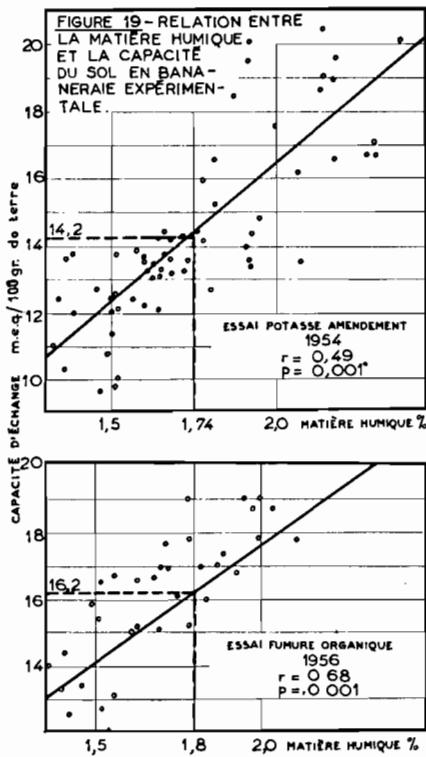


L'étude des corrélations entre ces trois grandeurs, nous montre que, contrairement à ce qui se passe pour l'eau, la matière organique joue ici un rôle plus important que l'argile. Ceci découle, d'une part du fait que la capacité spécifique de la matière organique est très supérieure à celle de l'argile, nous avons en effet trouvé environ 120 m. é. q./100 g pour la première, contre 35 m. é. q./100 g pour la seconde (argile type kaolinite) ; d'autre part, du fait que dans l'ensemble, les bananeraies sont riches en matière organique et plutôt pauvres en argile. Les figures 17 et 18 montrent qu'il existe une bonne corrélation entre la

capacité d'échange et le complexe organique considéré en matière organique totale ou seulement dans sa fraction humifiée.

En bananeraie expérimentale, nous avons pu mettre également ces corrélations en évidence, en ce qui concerne la fraction humifiée. (Fumure organique n° 1 et Potasse-Amendement). (Fig. 19).

a₃) Il ressort donc que le sol, riche en matière organique, a plus de possibilités qu'un sol pauvre en ce qui concerne la fixation d'engrais. L'étude de l'essai Fumure organique n° 1 nous montre, en outre, que ces « possibilités » sont effectivement utilisées,

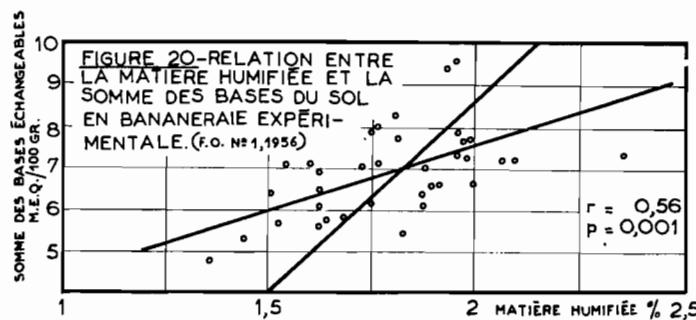


puisque à traitements minéraux absolument identiques, la quantité de bases réellement fixée est fonction de la teneur en matière humifiée, laquelle, nous l'avons constaté (fig. 20), représente à peu près constamment 40 % de la matière organique totale. Il en est de même pour la fraction dite assimilable de l'acide phosphorique (fig. 21).

Il va de soi qu'il serait utopique de vouloir établir ces corrélations pour l'ensemble des bananeraies, car la quantité de « bases » présente dans le sol est avant tout fonction de ce que le planteur y apporte et nous avons déjà constaté que nombre de plantations manquent de chaux et de magnésie.

a₄) Il apparaît que la matière organique constitue une source intéressante d'oligo-éléments, ainsi que le fait ressortir le dosage du manganèse et du zinc dans les sols d'un certain nombre de plantations. Les plantations les plus riches en matière organique sont, en effet, celles qui possèdent les teneurs les plus élevées en ces deux éléments (fig. 22).

a₅) Étude agrobiologique des amén-



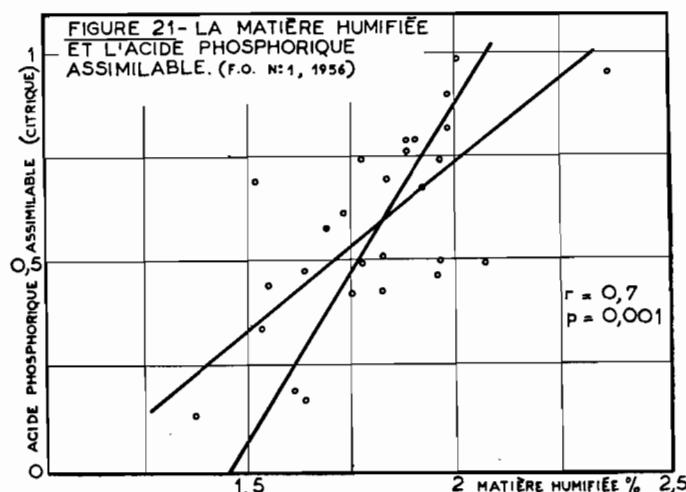
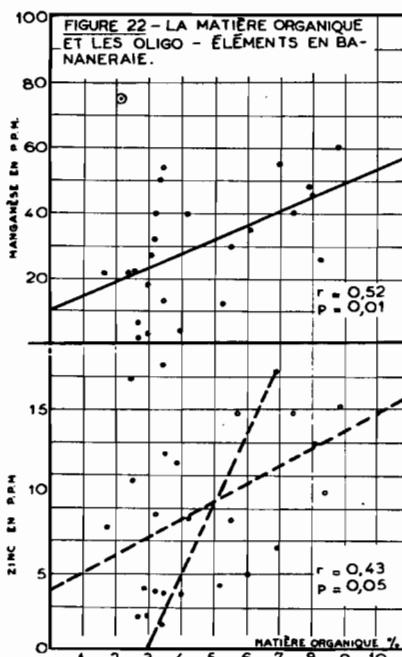
gements organiques en bananeraie.

Cas d'une bananeraie où le compostage est appliqué régulièrement. — Le compostage en grande plantation a été étudié à Friguiagbé près de Kindia où le fumier artificiel est appliqué à la dose de 200 t/ha depuis deux ans.

Bien que nous ne disposions que de deux groupes de résultats analytiques (Annexes 5, échant. n° EB 1-130 et 140), nous pouvons affirmer que les sols compostés sont caractérisés par :

- une microflore totale très abondante et essentiellement composée de germes orientés vers la dégradation de la matière organique (très forte densité de protéolytiques) ;
- une excellente nitrification ;
- un taux de saccharase particulièrement bas attestant que le compost employé est parfaitement décomposé.

L'application de ce compost parfaitement décomposé se traduit par un accroissement remarquable des caractéristiques biologiques directement liées à la fertilité du sol. Les résultats



sont ici beaucoup plus nets que ceux qui ont pu être enregistrés dans l'essai Fumure organique n° 1 de l'I. F. A. C. où l'on avait vraisemblablement utilisé un compost de moins bonne qualité dans un sol réagissant moins bien à l'apport de matière organique.

Essai de paillage avec des déchets de bananiers. — De cet essai rudimentaire mis en place dans une bananeraie de Benty, nous pouvons déduire que le paillis réalisé avec les déchets de bananiers, accroît de façon spectaculaire, la teneur du sol en azote minéral et minéralisable, résultat qui confirme celui qui a été obtenu à l'I. F. A. C. avec le paillis simple. Toutefois, les chiffres sont ici plus élevés en raison du volume très important des déchets accumulés sur une petite surface (Annexe 5, échantillon n° EB 50).

b) *La matière organique et les rendements.*

Il est certain que les propriétés que nous venons d'étudier contribuent hautement à faire de la matière organique un facteur de fertilité des plus importants, même s'il n'est pas possible de relier directement la quantité présente dans le sol à la production. Quant à la minéralisation, bien qu'elle se fasse normalement, elle risque de ne pas pouvoir fournir les éléments nécessaires aux fortes productions exigées. Nous verrons au chapitre suivant les effets directs des apports sur les rendements.

C. LES AMENDEMENTS MINÉRAUX

Comme pour les apports organiques, les amendements sont utilisés depuis fort longtemps en Guinée ; ce qui ressort de la masse des observations faites depuis quelques années, c'est que les plus vieilles bananeraies furent amendées abondamment mais que la plupart des plus récentes (et celles datant en particulier de cet après-guerre) ne l'ont pas été, comme si beaucoup de planteurs avaient renoncé à tout ce qu'ils pensent être des investissements à long terme.

On pratiquait autrefois des épandages de coquillages, de chaux agricole et parfois de dolomie, à raison de plu-

sieurs tonnes à l'hectare, dont on a retrouvé souvent les traces à l'analyse. En voici un exemple concernant quatre

bas-fonds très proches les uns des autres (région de Kindia) :

En apportant au sol des éléments

Dates de mise en valeur		Ca m. é. q. %	Mg m. é. q. %	pH
1 1930	fort amendement avant-guerre	6,17	1,4	5,4
2 1937	fort amendement avant-guerre	5,65	2,9	5,6
3 1949	amendements récents et insuffisants	1,38	0,5	4,7
4 1955	amendements récents et insuffisants	0,21	0,5	4,8

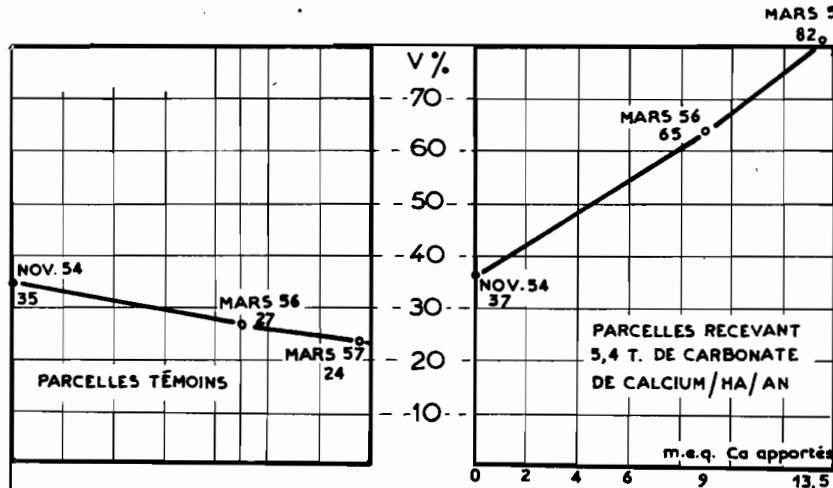
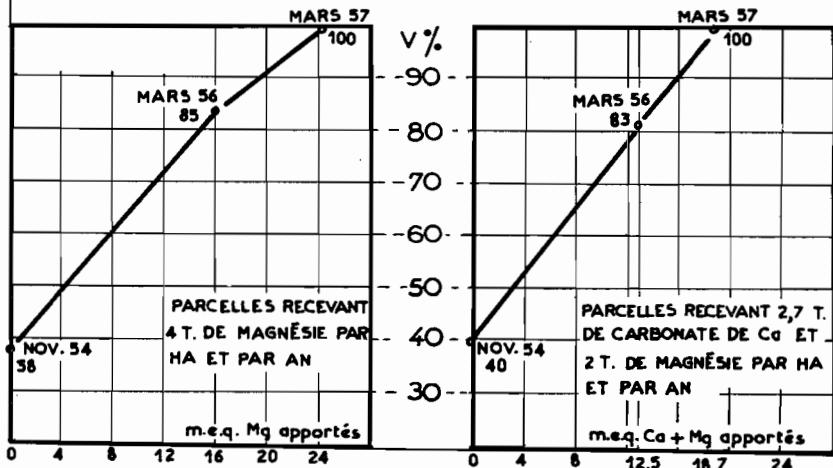


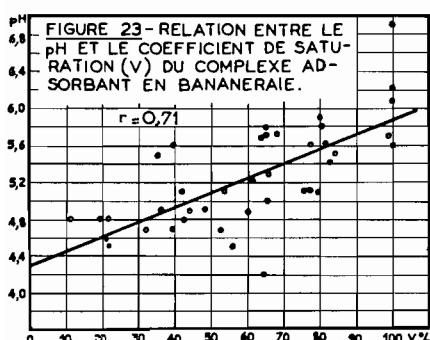
FIGURE 24 - INFLUENCE DE TROIS AMENDEMENTS SUR LA SATURATION DU COMPLEXE-ADSORBANT (MOYENNES DE 16 PARCELLES - ESSAI POTASSE-AMENDEMENT).



tels que la chaux ou la magnésie, les amendements modifient profondément ses propriétés. Ils se différencient essentiellement des engrains en ce sens qu'ils ne sont pas directement utilisés par la plante. Ils sont destinés avant tout à améliorer le potentiel de fertilité, et par là même contribuent à accroître les rendements.

1. Effets des amendements sur le pH.

En étudiant les caractéristiques des sols à bananiers de Guinée, nous avons pu vérifier que l'acidité du sol était en liaison étroite (fig. 23) avec la saturation du complexe. Un essai mis en place sur la station Centrale par le laboratoire de Nutrition végétale (fig. 24)



nous a permis d'étudier l'effet de différents amendements sur cette saturation. Au début de l'essai, le sol était homogène et le degré de saturation compris entre 35 et 40 %. Bien que nous n'ayons pas pu mesurer le pH de ce sol à ce moment, tout porte à croire qu'il était voisin de 4,5.

Environ deux ans plus tard, le pH des témoins avait peu varié (sans doute une légère acidité due au lessivage des bases) alors que les parcelles Ca se trouvaient à pH 6,15, Mg 6,75 et Ca + Mg à 6,60. Dans le même laps de temps, le coefficient de saturation passait de 35 à 24 % dans les témoins tandis qu'il atteignait 80 % pour les parcelles Ca et 100 % pour les autres.

On ne peut guère émettre d'opinion en faveur de l'un ou l'autre élément en ce qui concerne la fixation. Il semble qu'elle se fasse d'autant plus vite que les

doses sont plus fortes, quelle que soit la nature de l'amendement (fig. 25). Il apparaît d'autre part que la fixation se fait pratiquement de la même façon d'une année à l'autre pour tous les amendements, tout au moins jusqu'à atteinte de 80 % de saturation.

La fixation des éléments eux-mêmes n'offre rien de particulier. Notons seulement qu'en l'absence d'amendement,

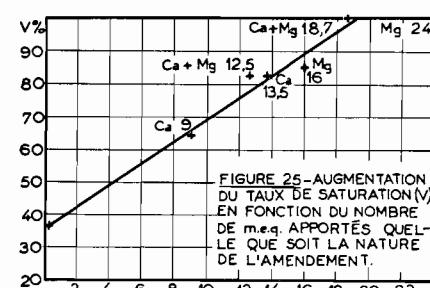


FIGURE 25 - AUGMENTATION DU TAUX DE SATURATION (V%) EN FONCTION DU NOMBRE DE m.e.q. APPORTÉS QUELLE QUE SOIT LA NATURE DE L'AMENDEMENT.

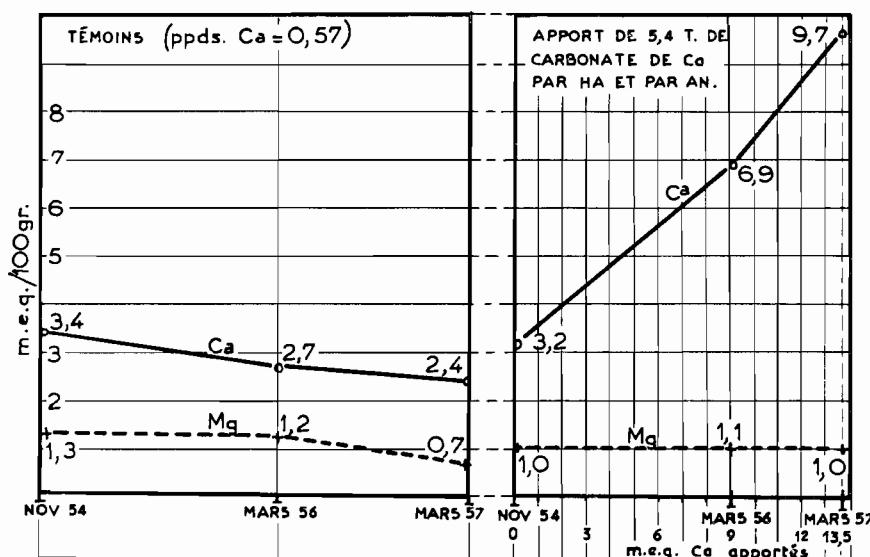
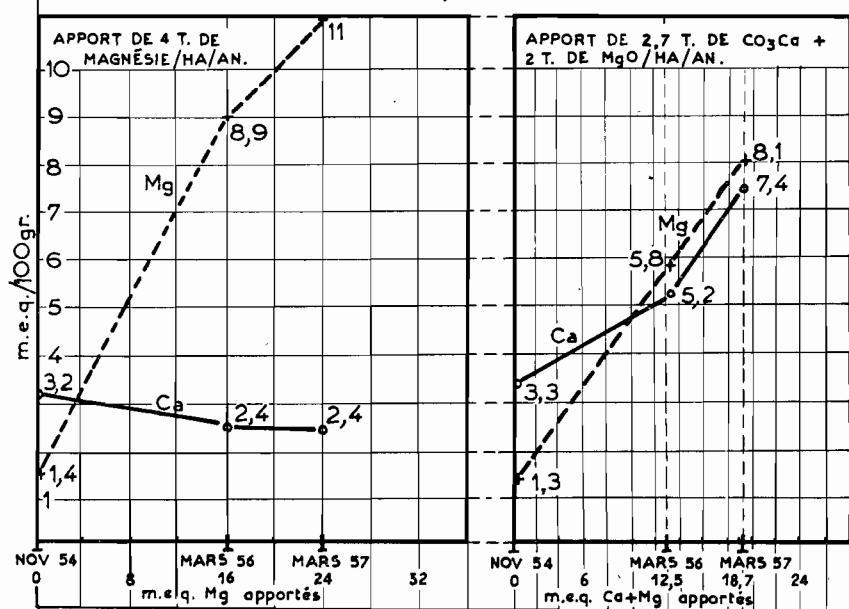


FIGURE 26 - INFLUENCE DE 3 AMENDEMENTS SUR LA FIXATION DES BASES ÉCHANGEABLES. (MOYENNES DE 16 PARCELLES : ESSAI POTASSE-AMENDEMENT).



le sol se lessive tant en chaux qu'en magnésie.

L'analyse statistique en ce qui concerne la chaux montre que l'abaissement de la teneur est significatif (fig. 26). Cependant, un sol contenant au départ 3,4 m. é. q./100 g de chaux peut être considéré comme bien pourvu, 2,4 est tout juste suffisant. Il conviendra donc pour le planteur de ne pas négliger le problème des amendements pendant plusieurs années de suite, il risquerait un abaissement très sensible de la fertilité de son sol par disparition des bases et acidification.

2. Conséquences de l'augmentation du pH du sol.

a) Dans l'étude de ce même essai, l'évolution de la matière organique dans les différents traitements met en évidence l'action du pH aussi bien sur la matière humique totale que sur la fraction précipitable (fig. 27).

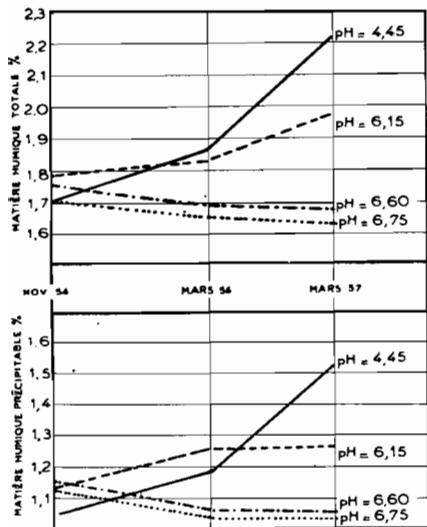


FIGURE 27 - INFLUENCE DES AMENDERENTS SUR L'EVOLUTION DE LA MATIÈRE HUMIQUE (ESSAI POTASSE - AMENDERENT)

TÉMOINS SANS AMENDERENT
— — — 3,4 T DE CO₃Ca / HA/AN
..... 4,0 T DE MgO
- - - 2,7 T DE CO₃Ca +
2,0 T DE MgO

tain point, ne donne lieu à des produits résiduels tels qu'on en trouve dans les sols neufs ; par contre, au fur et à mesure que le pH tend vers la neutralité, la minéralisation est nettement favorisée et l'équilibre se maintient si l'on poursuit les amendements organiques.

L'influence des amendements sur la matière organique totale est beaucoup moins nette et en partie masquée par l'effet dépressif que produit le travail du sol au début de chaque essai.

b) Le dosage des nitrates montre que ceux-ci se forment beaucoup plus rapidement à pH 6,4 qu'à pH 4,5. Après un même apport d'azote ammoniacal, on trouve, en effet, 20 fois plus

de nitrates dans le premier cas que dans le second (1).

c) Chaque traitement de l'essai comportait 4 sous-parcelles recevant chacune des doses de potasse différentes.

Des différences significatives existant seulement entre les groupes 1 et 2 d'une part, 3 et 4 d'autre part, nous avons pris les deux doses moyennes soit environ 930 kg/ha et 2 200 kg/ha.

La figure 28 met en évidence une action très nette des amendements par l'intermédiaire du pH. En effet, quelle que soit la dose de chlorure appliquée, le sol perd du potassium dans les té-

(1) DUGAIN (F.) : Études sur la nitrification en bananeraies guinéennes (à paraître).

Sous-traitement	CIK par pied/an	Apports potassiques	
		CIK/ha/an	m.é.q. K/100 g/an
I	250 g	625 kg	0,32
2	500 g	1 250 kg	0,64
3	750 g	1 875 kg	0,96
4	1 000 g	2 500 kg	1,28

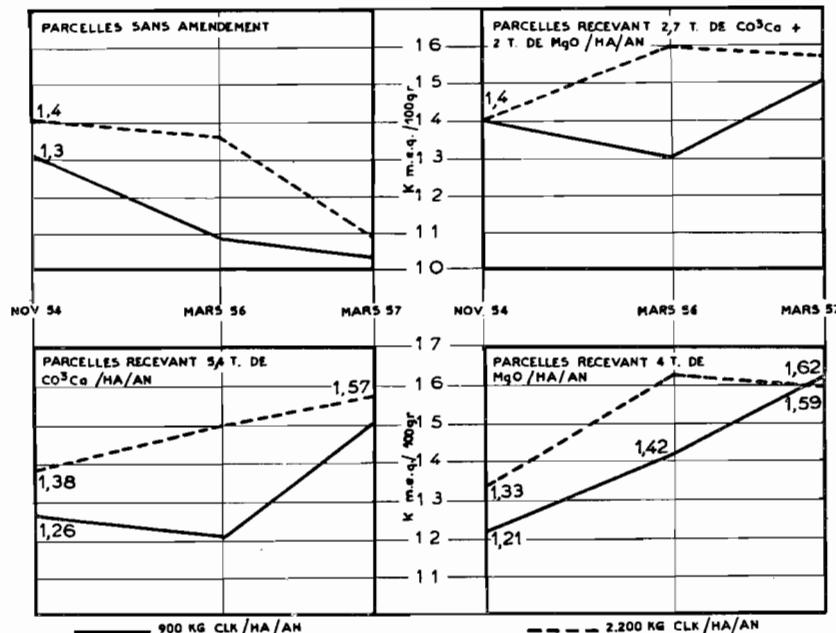


FIGURE 28 - INFLUENCE DES AMENDERENTS SUR L'EVOLUTION DE LA POTASSE ÉCHANGEABLE. - LES ÉPANDAGES DE CLK ONT EU LIEU TOUS LES MOIS. - MOYENNES DE 32 PARCELLES - ESSAI POTASSE - AMENDERENT.

De l'examen des courbes et des résultats de l'analyse biologique, on déduit qu'un pH bas favorise l'élaboration de la matière humique, mais il est à craindre que cette accumulation, si elle est favorable au sol jusqu'à un cer-

moins (environ 20 % de la teneur initiale, correspondant à 0,3 m. é. q./100 g.). Au bout de deux années, le sol a donc perdu une quantité de potassium correspondant à une année d'épandage du traitement 1.

Par contre, dans tous les amendements, le taux de potasse s'accroît très sensiblement et il semble même qu'au bout de la première année, on ait atteint la saturation, puisqu'ensuite il n'y a plus d'augmentation ; la dose maximum pour ce sol est d'environ 1,6 m. é. q./100 g. Elle correspond à un stock de 1 600 kg de potassium à l'hectare, soit sensiblement la quantité apportée par un épandage mensuel (10 mois par an) de 50 g de chlorure de potassium pendant deux ans et demi.

On notera également qu'au bout de deux années, les teneurs pour les amendements sont les mêmes quelle que soit la dose, alors qu'entre les deux doses, les différences étaient significatives la première année.

En fait, la dose de 2 200 kg/ha/an sature le sol en un an, 900 kg/ha/an le satire en deux ans.

L'effet est analogue pour les témoins où le lessivage est moins net la première année, mais équivalent après deux ans.

Dans le but de connaître la rentabilité du stock de potasse, il conviendrait de poursuivre l'étude du lessivage de cet élément. Nous envisagerons à nouveau ce problème à propos des engrains potassiques.

c) Dans cet essai, l'azote est apporté sous forme de phosphate d'ammonium, à raison de 1 000 g par pied/an en épandages fractionnés, ceci correspond à 500 g de P_2O_5 /pied/an ou 0,5 % P_2O_5 par an. Le dosage de la fraction assimilable de l'acide phosphorique du sol fait ressortir, une fois de plus, l'action du pH dans ce domaine. Alors

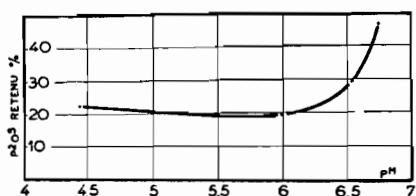


FIGURE 29 - INFLUENCE DU pH SUR L'ACCROISSEMENT DE LA TENEUR EN P_2O_5 ASSIMILABLE (% PAR RAPPORT À LA QUANTITÉ APPORTÉE AU SOL)

qu'au-dessous de pH 6, environ 20 % de l'acide phosphorique ajouté se retrouve sous forme assimilable, à pH 6,5 cette fraction est de 30 %, pour passer à 50 % à pH 6,75 (fig. 29). Dans l'état actuel des choses, nous verrons cependant que cet élément est peu important en culture bananière.

3. Effets agro-biologiques des amendements minéraux.

Les amendements calciques et magnésiens exercent une action remarquable sur l'équilibre biologique du sol (Annexe 8, et fig. 29 bis). Ces traitements :

- tendent à augmenter le taux d'azote minéral et minéralisable,
- accroissent le taux d'uréase,
- activent la nitrification,
- multiplient par deux le coefficient de minéralisation du carbone — $\frac{CO_2}{C}$,
- réduisent le taux de saccharase,
- relèvent considérablement le pH.

Traduites en langage agronomique, ces modifications doivent être interprétées comme la conséquence d'une accélération des processus de minéralisation.

lisation dans le sol, aussi bien en ce qui concerne le cycle de l'azote que celui du carbone.

Essai amendement Fassara. Étude agro-biologique.

a) *Dispositif expérimental.* — Parmi les différents traitements comparés dans cet essai, nous avons étudié uniquement les 2 suivants, qui comportaient 4 répétitions :

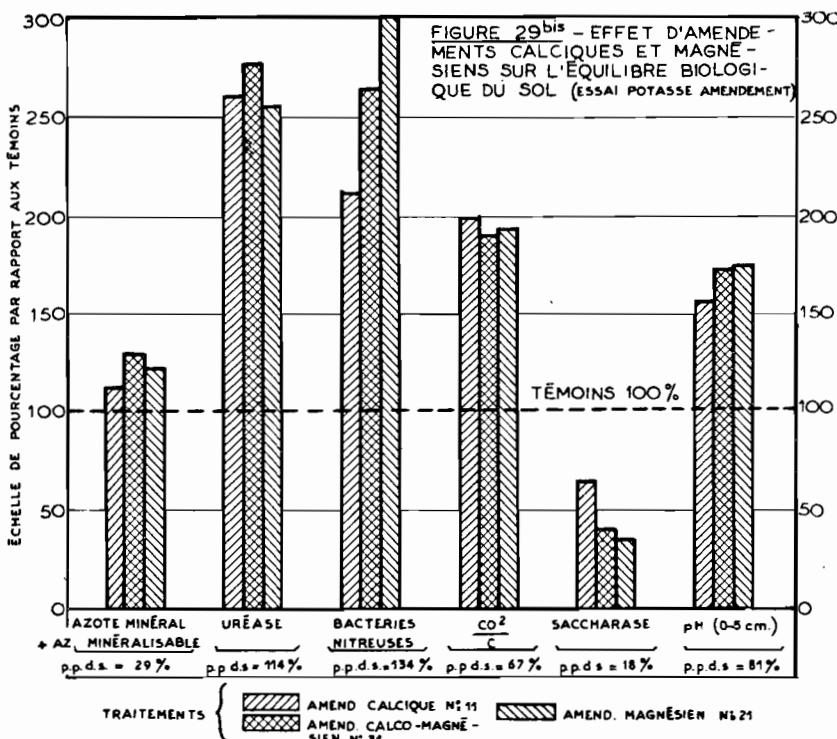
- traitement 1 b : chaulage à la dose de 1 500 g CaO par pied,
- traitement 4 b : témoin.

Les résultats des analyses des échantillons de sol prélevés le 10 avril 1956 figurent à l'Annexe 9.

b) *Interprétation de l'essai.* — Seuls sont significatifs les résultats concernant la minéralisation de l'azote. La nitrification est particulièrement activée par le chaulage. L'accroissement de fertilité qui en résulte est mis en évidence par l'augmentation très sensible du rendement.

Essai chaulage de tourbe à Benty.

Un essai rudimentaire, mais instructif, mis en place à Benty par un plan-



teur, M^r Moity, a consisté à comparer deux sols enrichis en tourbe dont l'un a été chaulé (Annexe 5, échantillon EB 1, 60 et 70). Les résultats confirment ceux que nous avons obtenus dans l'essai précédent (Essai Potasse-Amendement) et l'essai Fassara, à savoir que le chaulage accélère la minéralisation des composés azotés et carbonés et favorise la décomposition de la matière organique.

D. LES ENGRAIS MINÉRAUX

Nous étudierons ici, d'après les résultats analytiques que nous avons obtenu, l'incidence éventuelle sur le sol des principales formes d'engrais utilisées en Guinée.

1. Engrais azotés.

Les engrais azotés sont appliqués pour que la plante ait à sa disposition des quantités d'azote nitrique ou ammoniacal supérieures à celles que la matière organique peut lui fournir en se minéralisant. Ils sont donc directement destinés à la végétation ; cependant leur utilisation dépend de certaines caractéristiques du sol, notamment du pouvoir nitrificateur. Par ailleurs, ces engrais peuvent avoir une action non négligeable sur certains autres éléments

a) *Action du sulfate d'ammoniaque sur l'acidité du sol :*

a₁) *Essai N K* (Poyos 1956). — L'engrais est apporté tous les mois, sauf en hivernage, comme on le fait habituellement en plantations expérimentales. Les doses correspondent à :

- Dose N 0 : pas d'apport azoté.
- Dose N 1 : 500 g/pied/an de sulfate, soit 100 g d'azote = 1 t/ha/an de sulfate d'ammoniaque (1).
- Dose N 2 : 1 000 g/pied/an de sulfate, soit 200 g d'azote = 2 t/ha/an de sulfate d'ammoniaque.

L'essai est en place depuis dix mois, la figure 30 montre les différences d'acidité entre les traitements. Elles sont significatives.

(1) La densité est dans le cas présent de 2 000 pieds/hectare.

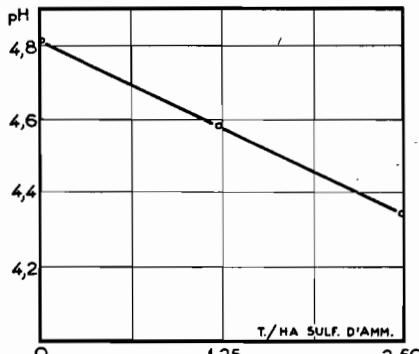


FIGURE 30.—INFLUENCE DE DOSES CROISANTES DE SULFATE D'AMMONIAQUE SUR LE pH DU SOL.—ESSAI NK (MOYENNES DE 10 PARCELLES)—pp.d.s. = 0,23 UNITÉ pH.

Ces résultats ne constituent pas un fait nouveau ; il est cependant intéressant de le confirmer, d'autant qu'à la plantation, soit moins d'un an auparavant, le sol avait reçu un amendement de 1 000 kg de chaux magnésienne à l'hectare.

a₂) *Essai engrais n° 2.* — Si nous comparons le sulfate d'ammoniaque à deux doses différentes avec deux autres engrais, Urée-Formol et Cyanamide,

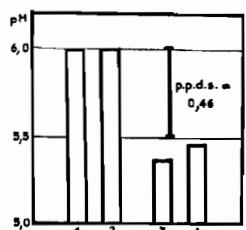


FIGURE 32.—ENGRAIS AZOTÉS ET pH. (ESSAI ENGRAIS N° 2).
1 - URÉE-FORMOL
2 - CYANAMIDE
3) SULFATE D'AMMONIAQUE

nous constatons encore (fig. 32) que les parcelles recevant le sulfate d'ammoniaque ont un sol plus acide que les autres, d'environ 0,5 unités pH.

b) *Action du sulfate d'ammoniaque sur la fixation de la potasse sous forme échangeable.*

Comme son nom l'indique, l'essai N K étudiait l'action de doses combinées d'azote et de potasse. En prenant les doses extrêmes de chlorure :

- Dose K₀ : pas d'apport potassique.
- Dose K₂ : 500 g de potassium, soit 1 000 g de chlorure de potasse par pied et par an (2,0 t/ha),

pour l'ensemble des deux traitements

potassiques, on trouve que les teneurs en potasse échangeable décroissent, lorsqu'on apporte du sulfate d'ammoniaque.

	0 N	1 N	2 N
K échangeable en m.é. q./100 g..	1,10	0,95	0,93

L'analyse statistique montre que ces différences ne sont pas significatives, mais qu'il y a cependant une tendance très nette qui probablement s'accentuera avec le temps. D'autre part, si nous décomposons les résultats d'après les doses de potasse, il apparaît que l'effet est rigoureusement le même dans les deux cas (fig. 31). Ceci confirme encore la tendance mise en évidence.

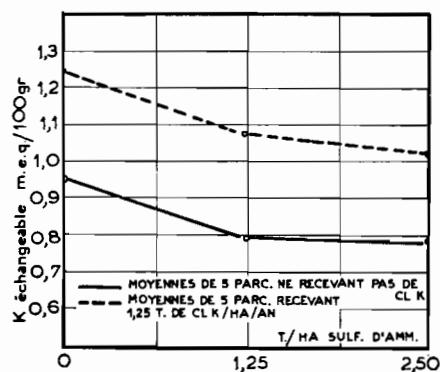


FIGURE 31.—VARIATIONS DE LA TENEUR EN K ÉCHANGEABLE EN FONCTION DES DOSES DE SULFATE D'AMMONIAQUE. ESSAI NK (p.p.d.s. ENTRE 2 POINTS D'UNE COURBE = 0,25).

Nous ne pensons pas que cet état de choses résulte d'un antagonisme entre les ions potassium et ammonium, mais il découle très probablement de l'action acidifiante du sulfate d'ammoniaque ; en effet, la fixation de la potasse dans le complexe adsorbant s'effectue d'autant mieux que le pH est plus élevé (fig. 28).

c) *Action sur les teneurs en azote du sol.*

Les applications d'engrais azotés n'ont évidemment pas d'incidence sur l'azote total du sol, parce que les quantités apportées ne peuvent être décelées à l'analyse, et que d'autre part, la présence de cet élément est très fugace. D'après une dizaine de dosages effectués à des époques diffé-

rentes, la teneur en azote ammoniacal varie peu, autour de 5 p. p. m.; l'étude des formes minérales de l'azote exige des analyses précises sur des échantillons fraîchement prélevés et ayant autant que possible conservé leur humidité naturelle. Cette étude est actuellement en cours.

Un essai préliminaire, mis en place à la Station Centrale, nous a montré qu'il était difficile de tirer des conclusions en comparant, même sur des parcelles de faible surface, les résultats de l'analyse et les quantités apportées.

Un nouveau protocole d'étude a été mis au point et se trouve actuellement en application.

Il n'en reste pas moins vrai que la transformation d'azote ammoniacal en azote nitrique s'effectue de la même façon, que l'on apporte de l'urée ou du sulfate d'ammoniaque, comme le prouvent les résultats suivants (fig. 33).

Par ailleurs, les sels ammoniacaux et les nitrates sont sensibles au lessivage en plein hivernage, surtout lorsque le sol a un pH peu élevé; on a pu noter qu'une pluie de 30 mm lessive 60 % du sulfate d'ammoniaque incorporé quatre jours auparavant, sans qu'on décèle une augmentation des teneurs en nitrates. On a pu également constater que les amendements favorisent énormément la nitrification (¹).

2. Les apports d'engrais potassiques.

Les apports de potasse se font sous deux formes principales (chlorure et sulfate), encore que la première tende à se généraliser de plus en plus, pour des raisons économiques.

Tout comme l'azote apporté, la potasse est surtout destinée à la plante. Cependant, au moment d'un épandage de potasse, une fraction seulement de la quantité apportée peut être directement assimilée par les racines, le reste disparaît assez rapidement, s'il n'est pas fixé par le sol sous forme échangeable : le sol joue dans ce cas le rôle

	Témoin	Urée	Sulfate d'ammoniaque
Avant épandage	traces	traces	traces
Après épandage : 6 ^e jour	3	13	13
13 ^e jour	8	39	33

FIG. 33. — Azote nitrique en p. p. m. après épandage d'engrais azotés.

d'un régulateur, en emmagasinant temporairement les surplus pour les restituer peu à peu, en cas de pénurie par exemple. Cette action favorise par conséquent l'utilisation de l'engrais.

Nous avons essayé de mettre en évidence les facteurs favorisant ou au contraire inhibant cette fonction du sol. Il semble que pour un sol donné, ils agissent tous par l'intermédiaire du pH.

En effet, l'application de 2 doses de chlorure de potassium à raison de 1 à 2 t/ha en gros et par an n'empêche pas une diminution régulière de la teneur en potasse échangeable du sol (fig. 28), lorsque celui-ci ne reçoit pas d'amendements et que son pH est de 4,5. L'accroissement est au contraire sensible lorsque le pH augmente pendant les trois années de traitement sous l'influence des amendements ; on notera toutefois que le sol était particulièrement riche en potasse à l'origine, on ne peut donc qu'insister sur l'avantage qu'il y a pour le planteur à amener son sol le plus rapidement possible à un pH voisin de 6.

D'un autre côté, il convient de signaler que tout apport provoquant une acidification du sol aura une répercussion sur le lessivage de la potasse ; nous avons vu à ce sujet (fig. 31) l'action du sulfate d'ammoniaque.

En ce qui concerne l'influence des différentes doses de potasse, elle est assez variable suivant la quantité préexistante dans le sol. C'est ainsi que, d'après la figure 28, il ne semble pas possible de dépasser, dans le cas étudié, une teneur de 1,6 m. é. q./100 g., teneur d'ailleurs très importante en elle-même, puisqu'elle correspond à la

quantité de potasse apportée par 500 g de CIK par pied et par an, pendant deux ans et demi. Cependant, il convient, pour juger de la valeur pratique d'une telle réserve, de connaître la vitesse à laquelle le sol peut restituer cet élément lorsqu'on cesse les apports ou qu'on les diminue fortement.

Si cette restitution est trop lente, il est nécessaire de combler la différence avec les besoins de la plante. Si elle est trop rapide, l'effet n'est que passager et dans les deux cas, il apparaît que le stockage de cet élément est peu rentable.

Un essai a été mis en place à la Station Centrale dans le but d'étudier ce problème.

3. Les engrais phosphatés.

Nous avons vu que les sols de bananeraies étaient caractérisés par des fortes teneurs en acide phosphorique assimilable.

Ceci s'explique par le fait qu'au début les planteurs incorporaient dans leurs amendements et engrais, de fortes proportions de phosphates naturels.

Par la suite, l'emploi des engrais composés faisant intervenir l'acide phosphorique au même titre que l'azote et la potasse, fit persister cette tendance. En dépit d'une acidité assez marquée, l'importance du complexe organique favorisera la fixation du phosphore. Nous avons vu, en effet (fig. 21) que la teneur en acide phosphorique assimilable se trouvait en corrélation avec la teneur en humus.

(¹) DUGAIN (F.): Études sur la nitrification en bananeraies guinéennes (à paraître).

Étant donné ce que l'on sait actuellement sur la nutrition phosphatée du bananier, il est difficile de se prononcer sur les avantages d'un tel état de choses. Il n'est pas apparu au physiologiste que les variations des teneurs, dans les limites actuelles, aient une influence sérieuse sur la végétation, on a toutefois pu constater qu'une faible teneur en P_2O_5 dans le sol se retrouvait dans la plante, mais sans qu'il soit possible de dire s'il y avait ou non déficience.

Quoi qu'il en soit, il ne semble pas que la fumure phosphatée soit une question importante pour la conduite d'une plantation.

On a pu constater, dans un essai

amendement qui reçoit des doses régulières d'acide phosphorique sous forme de phosphate d'ammonium, que l'augmentation de la teneur en P_2O_5 assimilable variait en 16 mois de 20 à 48 % par rapport à la quantité apportée, et ceci en dépit de teneurs déjà élevées au départ (fig. 29). L'accroissement est d'ailleurs d'autant plus important que le pH est élevé.

Comme pour la potasse, un essai va nous permettre d'évaluer la rapidité de disparition de cet élément dans le sol, lorsqu'on cesse les apports.

Compte tenu cependant des doses révélées par l'analyse du sol, il semble que les apports phosphatés puissent être considérablement réduits en plantation.

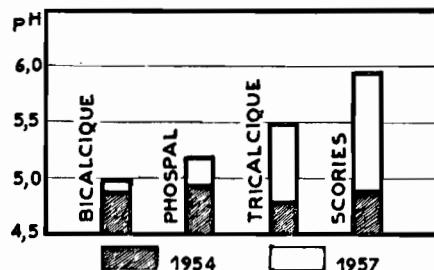


FIGURE 34 — ACTION DE 4 ENGRAIS PHOSPHATÉS SUR LE pH.

En ce qui concerne la nature de l'engrais lui-même, un essai a permis de mettre en évidence la nette supériorité des scories dans la correction de l'acidité (fig. 34).

VI. LES RENDEMENTS EN FONCTION DES APPORTS ET DE LA FERTILITÉ DU SOL

A LA FERTILITÉ, FACTEUR DE PRODUCTION

Les rendements optima en bananeraie ne s'obtiennent que lorsque l'ensemble des facteurs concourant à la végétation sont favorables, c'est-à-dire individuellement proches de leur propre optimum d'action.

La fertilité n'est qu'un de ces facteurs principaux, dont nous nous bornerons à citer quelques exemples : l'existence d'un système radiculaire sain, bien développé, un rhizome intact, bien enterré émettant continuellement les racines nécessaires jusqu'après la floraison ; la protection de l'ensemble de l'appareil végétatif contre les parasites : nématodes des racines, charançons des rhizomes, cercosporiose des feuilles, etc... et une conduite judicieuse de la plantation (époques de replantation, densités favorables, œillettonnage à bon escient) ainsi qu'un entretien éliminant toute concurrence.

Actuellement, en plantation guinéenne, un seul de ses facteurs étant négligé, l'action favorable de tous les autres ne se fait plus sentir et les rendements sont fortement abaissés. Par exemple, une attaque aiguë de cercosporiose deux années de suite amène

un effondrement total de la production d'une bananeraie tant en quantité qu'en qualité. Les traitements mis au point par l'I. F. A. C., d'une efficacité indiscutable, limiteront les dommages dans une bonne mesure. La destruction des racines par les nématodes perturbe la nutrition, et les traitements du sol préconisés sont curatifs et ne suppriment pas, dans l'état actuel des connaissances, toute l'action du parasite. On conçoit donc aisément que la fertilité propre du sol ne prend toute son importance que quand toutes les conditions sont favorables et qu'aucune d'elles ne revêt un caractère limitatif. Dans la plupart des cas qui nous sont soumis actuellement, la fertilité du sol a sur la production une influence moindre que celle d'un des facteurs cités plus haut en exemple.

Même dans les essais agronomiques qui ont servi partiellement de base à cette étude, les facteurs d'amélioration du sol mis en cause ont eu leurs effets atténus, voire masqués par l'influence sur les rendements du Cement, cospora, des Nématodes, du déchasseur, etc... Malgré tout cela, ces essais ont été suffisamment démonstratifs pour prouver l'importance de la fertilité du sol et de sa conservation.

Le planteur qui a obtenu un état sanitaire satisfaisant dans sa bananeraie, doit pouvoir compter sur la valeur de son sol pour obtenir la production élevée qui assure la rentabilité de son affaire.

Cette valeur est elle-même la résultante d'un très grand nombre d'éléments qui agissent rarement d'une façon indépendante. Il n'est cependant pas possible pour le praticien de négliger un seul des plus importants de ces facteurs, s'il veut maintenir son sol à un niveau d'équilibre indispensable.

Ce sont justement les plus essentiels de ces facteurs que nous allons étudier dans ce qui suit, parce qu'ils paraissent former la base de toute amélioration ultérieure.

B. LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE LA FERTILITÉ DU SOL

1. La matière organique.

Les analyses pratiquées sur les diverses bananeraies guinéennes, ainsi que sur la Station Centrale de l'I.F.A.C. à Foulaya, ont montré que la matière organique agit de deux façons :

— en augmentant la possibilité pour

le sol de fixer provisoirement amendements et engrais,

— en augmentant la capacité de ce sol à stocker l'eau nécessaire au bananier.

La présence dans le sol de matière organique en quantité suffisante est indispensable à une bonne végétation.

Lors de l'aménagement d'un terrain neuf pour bananeraie, trois cas peuvent se présenter au planleur :

1^o Le plus fréquemment, le sol est sableux et pauvre en matière organique, et la nécessité des apports n'est pas discutable.

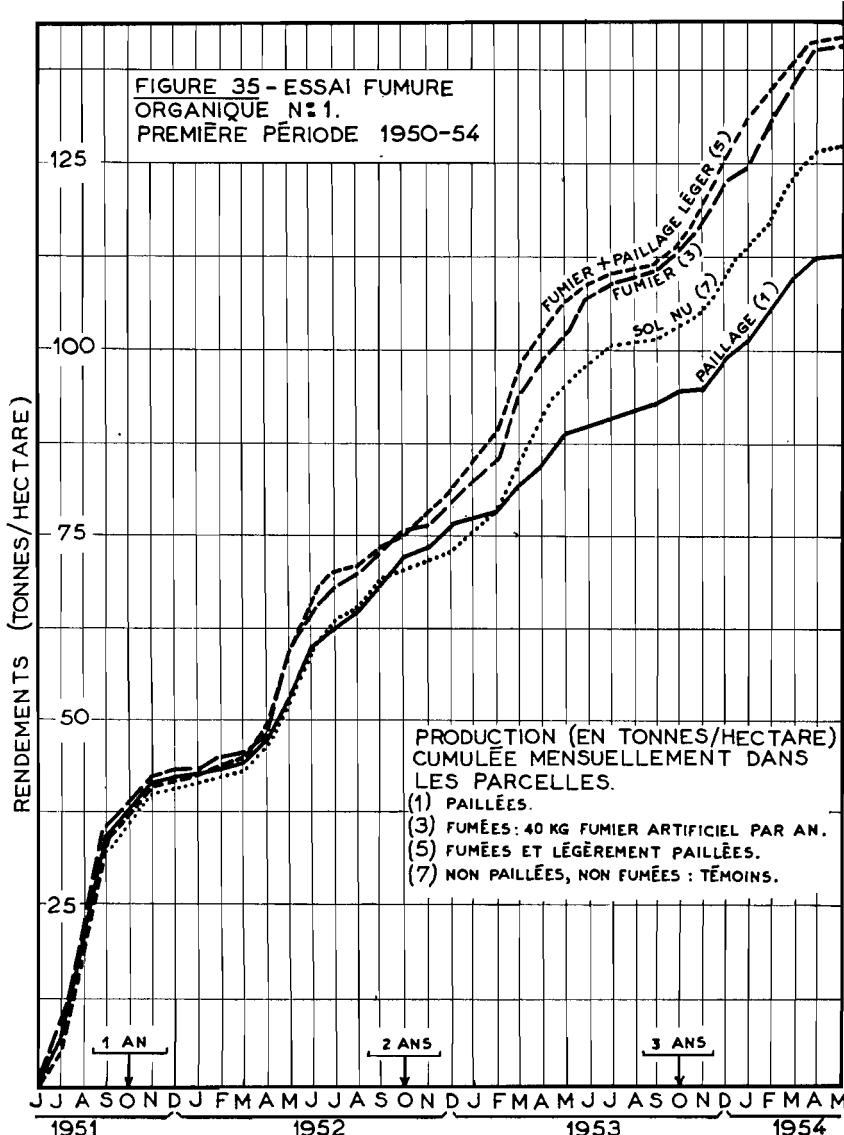
2^o Le sol est moyennement riche en matière organique, ayant évolué dans

de bonnes conditions de drainage. En dépit de cet état de choses satisfaisant, le planleur ne pourra négliger en aucun cas de faire des apports. En effet, les essais montrent qu'en dépit des restitutions (troncs, feuilles, rhizomes) de la culture, un sol s'appauvrit régulièrement en matière organique.

Essai Fumure organique n° 1. — Témoins.

	1953	1954	1956	1957 (MO %)
—	—	—	—	5,1 3,9 3,8 3,6 (moyenne de 5 parcelles)

[A noter que chaque replantation est



suivie d'un abaissement du taux de matière organique.]

3^o Le sol est très riche en matière organique, ce qui lui donne souvent un aspect trompeur de fertilité. En effet, une teneur trop élevée en matière organique (plus de 10 %), loin d'être un critère favorable, est au contraire, un signe normal d'une minéralisation insuffisante. Bien qu'alors les apports organiques ne soient pas absolument indispensables, il arrive cependant qu'ils marquent nettement sur le bananier.

Les techniques d'apport ont été décrites précédemment de même qu'on a étudié leurs répercussions sur les propriétés du sol. Il convient maintenant d'examiner l'influence sur le rendement de ces diverses pratiques mises en comparaison dans nos essais.

a) Comparaison du paillage, du fumier artificiel et du sol nu (Essai Fumure organique n° 1) :

L'expérience a débuté en 1950 sur un terrain bien amélioré de vieille bananeraie, à la Station Centrale I.F.A.C. Rappelons que depuis cette date, certaines parcelles (n° 7) n'ont jamais reçu d'apport ; que d'autres (n° 1) étaient paillées annuellement (120 t/ha de paille de brousse). On apportait 100 t/ha de fumier artificiel (40 kg par pied) par an dans les parcelles 3. Enfin un traitement mixte (40 kg de fumier et mi-paillage) était appliqué sur les parcelles 5.

Résultats de la période 1950-1954 (43 mois de la plantation à la déplantation).

Au cours de la première année, peu de différences apparaissent, les traitements n'ayant débuté qu'en 1951 et la richesse en matière organique étant assez homogène au départ.

C'est à partir du second régime (1953) que les traitements comportant du fumier artificiel se détachent nettement des traitements paillage et sol nu (fig. 35). En mai 1954, les tonnages rapportés à l'hectare pour toute la période 1950-54, étaient les suivants :

Traitement 7 : sol nu . . .	127 t (100)
— 1 : paillage . . .	112 t (89)
— 3 : fumier . . .	140 t (111)
— 4 : fumier + paillage . . .	141 t (112)

Les tonnages représentant la résultante du nombre de régimes et du poids moyen de ceux-ci, on pouvait évaluer la part de chaque facteur.

	Nombre de Poids régimes moyen	
Sol nu.....	$100 \times 100 = 100$	
Paillage.....	$88 \times 101 = 89$	
Fumier.....	$107 \times 104,1 = 111$	
Fumier + paillage ...	$104 \times 107,4 = 112$	

Il apparaissait que :

1) Le paillage a été inférieur au sol nu par le nombre des régimes, alors que les poids moyens sont identiques. Il est intervenu là une cause annexe aux traitements, puisque les chutes étaient plus nombreuses dans les parcelles paillées (9 %) que dans les autres 2,2 à 2,6 %. Ce fait, rapporté au rapport annuel 1954, est expliqué par la remontée des racines dans la couche superficielle du sol, juste sous le paillage.

2) Les traitements (avec ou sans paillage léger) comportant des épandages annuels de fumier artificiel donnaient 11 et 12 % de tonnage de plus que les parcelles en sol nu, cette augmentation étant due au plus grand nombre de régimes, et à l'augmentation du poids moyen.

Le fait que le sol nu maintienne des rendements supérieurs au paillage, technique classique, peut être l'objet d'hypothèses, en dehors du fait des chutes nombreuses citées plus haut ; on ne peut conclure à un effet dépressif du paillage par rapport au sol nu sans autre confirmation. On doit signaler que le rôle protecteur du paillage, si souvent invoqué prend beaucoup moins d'importance dans des bananeraies plantées « serré », ce qui était le cas de l'essai (2 500/ha).

Cependant, la technique du fumier artificiel se révélait être intéressante, bien que les différences n'aient pas été nettement significatives.

Résultats de la période 1955-56 (fig. 36) (durée 31 mois, de la replantation à la seconde déplantation). Les tonnages, ramenés à l'hectare, obtenus dans cette nouvelle révolution furent les suivants :

7 : sol nu.....	99 t(100)
1 : paillage.....	101 t(102)
3 : fumier.....	109 t(110)
5 : fumier + paillage léger.	109 t(110)

2) sur une période assez longue, l'accélération des cycles par un traitement peut amener au gain d'un régime.

Ceci explique pourquoi on peut calculer les avantages d'une méthode sur une longue période de temps (cas devenu rare à causes des parasites et de la « fatigue » des bananeraies qu'ils provoquent) ou à des périodes déterminées, à la moitié ou aux trois quarts des récoltes de première tige ou de seconde tige.

Nous reviendrons maintenant aux questions de fumure organique :

b) Essai sur les doses d'emploi du fumier artificiel :

Nous avions constaté l'effet bénéfique d'une dose unique de fumier artificiel (100 t/ha) ; il fallait juger de l'action de doses croissantes ; celles-ci furent appliquées en sous-traitements sur l'essai acide phosphorique, avec 50, 100 et 200 tonnes à l'hectare, en comparaison avec un témoin sans fumier.

Un an après plantation, on obtenait les résultats suivants :



Pour le planteur, l'intérêt de traitements favorables se trouve à plusieurs stades :

1) au moment de faire une replantation, les pertes des pieds retardataires sont moindres,

	t/ha
0 (témoin).....	19,7 (100)
50 tonnes/ha fumier	20,7 (105)
100 tonnes/ha fumier	22,6 (115)
200 tonnes/ha fumier	24,6 (125)

Ces différences se sont nivelées à l'achèvement de la première récolte (voir R.A., 1956), mais ensuite, on retrouvait, aux floraisons de fin 1956, des avances importantes en faveur du compost :

	des pieds fleuris
témoin.....	43 % (100)
50 t/ha fumier	53 % (123)
100 t/ha fumier	59 % (137)
200 t/ha fumier	66 % (154)

L'essai dut malheureusement être interrompu pour des raisons phytosanitaires.

c) A l'occasion de l'aménagement et de l'amélioration de sols neufs à la Station Centrale de l'I.F.A.C., on a pu constater des effets encore bien plus évidents, bien que plus difficiles à chiffrer, par des apports massifs de matière organique. Nous considérons même actuellement que c'est une technique nécessaire (bien que non suffisante) pour la mise en valeur d'un sol en bananeraie. A ce stade, la rentabilité ne fait aucun doute. Bien que moins évidente, elle n'en existe pas moins dans les essais déjà cités.

Le premier point à mettre pratiquement en avant est que les 100 tonnes de fumier artificiel ne demandent que 40 à 50 tonnes de paille de brousse pour leur fabrication, alors qu'un paillage en réclame 120 tonnes. Ceci est important pour certaines régions bananières où les ressources en paille sont limitées.

Dans le cas particulier de cet essai (Fumure organique n° 1) il est évident que le paillage n'est absolument pas rentable par rapport au sol nu. Cependant, cette conclusion se limitera aux seuls sols riches de vieilles bananeraies, nos propres expériences de 1948-1950 ayant prouvé que sur les bananeraies médiocres et à faible densité, les paillasses étaient rentables.

L'emploi de fumier artificiel est très rentable par rapport au paillage,

puisque ce dernier donne une récolte moindre (de 18 à 8 tonnes pour chaque période), bien que revenant plus cher.

Par rapport au sol nu, le fumier artificiel a donné en première période un gain de 13 tonnes ; si l'on estime le prix du fumier à 400 fr. CFA la tonne, le prix de revient du kilogramme de bananes (nu plantation) produit en supplément par cette technique est de 9 fr. CFA. En seconde période, il est de 8 fr. CFA.

Le cas envisagé ayant été défavorable à un effet complet de l'amendement organique, on peut raisonnablement supposer que la rentabilité est bonne dans tous les autres cas, où le sol est moins évolué ou moins riche en matière organique.

Pour l'instant, nous conseillons donc pratiquement d'utiliser en épandages annuels (sur toute la surface quand il s'agit de replantation) des quantités variant de 100 à 200 tonnes de fumier artificiel bien décomposé à l'hectare.

2. Les amendements minéraux.

a) *Appports d'amendements.* — Nous avons vu que les apports organiques augmentaient le pouvoir adsorbant des sols, dans sa capacité de fixation des bases. Mais le seul amendement organique laisse le complexe désaturé et maintient par conséquent une forte acidité pH.

Il était donc parfaitement logique pour le planteur d'amender son sol, c'est-à-dire de lui apporter les éléments susceptibles d'être maintenant fixés.

On est revenu aux amendements par le biais de la chaux magnésienne dont les apports sont les plus économiques pour réduire les cas de carence magnésienne (bleu). En fait, l'utilisation de l'amendement minéral est l'opération n° 1, en co-action avec l'apport organique, pour l'amélioration du sol.

A la Station Centrale de l'I.F.A.C., une première expérience avait lieu en 1951 sur un sol neuf (essai amendements n° 1 Fassara). Après l'unique chaulage de fin 1951, on trouvait de nettes différences de rendement sur les récoltes entre 1951 et 1953. Par rapport au témoin (parcelles non amendées), les

traitements qui varient de 750 g de CaO (ou de CaO et MgO) à 2 500 g, produisent 135 à 192 % (fig. 37). Pendant la période suivante, le surplus de rendement s'accrut encore avec des variations de 171 à 252 % par rapport au témoin. Pratiquement, le rendement moyen/hectare de ce dernier restait de 14 tonnes, alors que les parcelles plus ou moins amendées variaient de 25 à 35 tonnes.

Dans cette action sur les rendements, la nutrition directe de bananier par les ions calcium et magnésium entre pour une faible part. La plus grande partie de ces éléments est fixée sur le complexe du sol et, en transformant radicalement le milieu, crée des conditions beaucoup plus favorables aux échanges qui conditionnent la régularité et l'équilibre de la nutrition.

Nous avons bien remarqué au chapitre précédent (fig. 26) que l'on retrouve dans le sol des quantités de calcium et de magnésium proportionnelles aux apports, lorsque ceux-ci ont été effectués en quantités suffisantes.

b) *Relation calcium-rendement du sol.* — L'analyse a pu préciser (fig. 38) la relation étroite entre le calcium présent dans le sol, quantitativement, et les rendements. La corrélation est hautement significative ($r = 0,51$, $p = 0,01$) et nous pouvons la considérer comme une des plus nettes et des plus

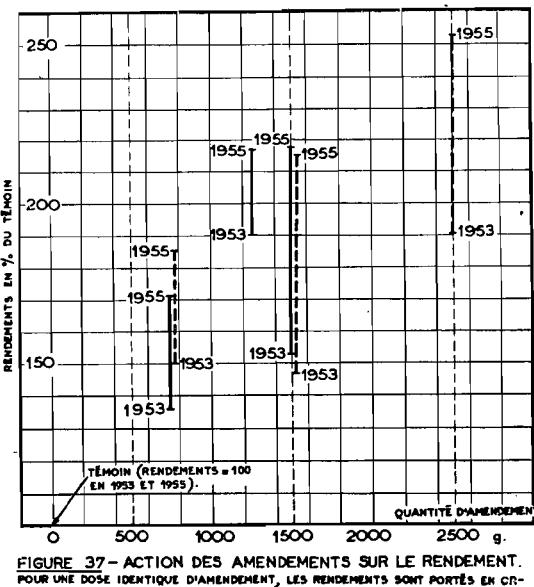


FIGURE 37 — ACTION DES AMENDERMENTS SUR LE RENDEMENT.
POUR UNE DOSE IDENTIQUE DIAMÉTRIQUE, LES RENDEMENTS SONT PORTÉS EN % DU TEMOIN, AUX ANNÉES 1953 ET 1955.

— CHAUX AGRICOLE. - - - CHAUX MAGNESIENNE.

valables pour la culture bananière.

c) relation pH-rendements (fig. 39).

— Que le calcium agisse sur le complexe humique est incontestable, mais la conséquence principale de cette action est l'amélioration du pH, qui, par ailleurs, peut également être obtenue avec de la magnésie.

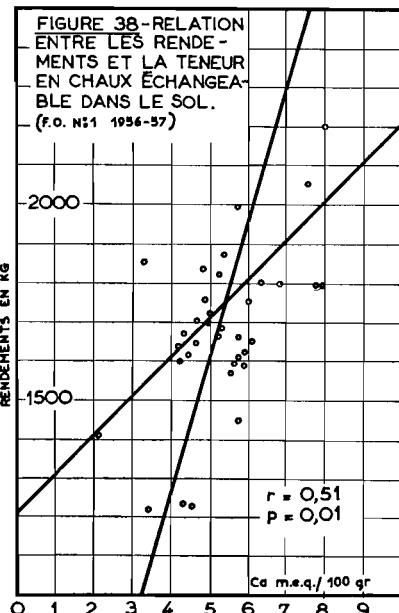
Bien que le bananier passe habituellement pour s'accommoder de sols acides, les meilleurs rendements sont incontestablement obtenus sur des sols à pH relativement élevé, c'est-à-dire pour nous supérieurs à 5,8. Mais il ne semble cependant pas nécessaire de dépasser une valeur de 6,5, au-delà de laquelle, d'après nos observations, les effets favorables s'atténuent considérablement ; on risque, par ailleurs, des immobilisations d'oligo-éléments telles que celles observées dans une plantation⁽¹⁾.

Dans les limites de pH les plus fréquemment observées en Guinée et qui se trouvaient réunies dans un essai de la Station (essai Amendement n° 1 Fassara, déjà cité plus haut), on constate les variations considérables de rendement, caractérisées par les chiffres suivants :

(4 parcelles, soit 80 bananiers avaient des pH de 7 à 7,5, avec 31,5 t/ha et 186 % par rapport au témoin) (fig. 40).

En conclusion, pour les amendements minéraux, le rendement est certainement en rapport direct avec le pH, dans les limites données (4,5 à 6,5) et le meilleur moyen pratique pour le planteur d'amener le pH à la limite supérieure est d'apporter à son sol des

(1) Celles faites par M. Moiry, planteur à Benty, qui a particulièrement étudié les carences sur bananiers. « La carence en zinc sur le bananier », *Fruits*, vol. 9, n° 8, sept. 1954, p. 354.



amendements calciques et calco-magnésiens (ces derniers se justifiant par le besoin très net des bananiers en magnésie). Nous pouvons considérer pratiquement que des épandages élevés de l'ordre de 2 à 2,5 t/ha sont indispensables dans les sols très acides (pH = 4 à 4,5), que des apports d'une tonne seront efficaces à pH = 5 à 5,5. Au-delà de pH 6, il est seulement nécessaire de maintenir le niveau par des amendements faibles de l'ordre de 250 g à 500 g par pied et par an. Le contrôle du pH en bananeraie constitue un des éléments les plus valables des analyses en plantation.

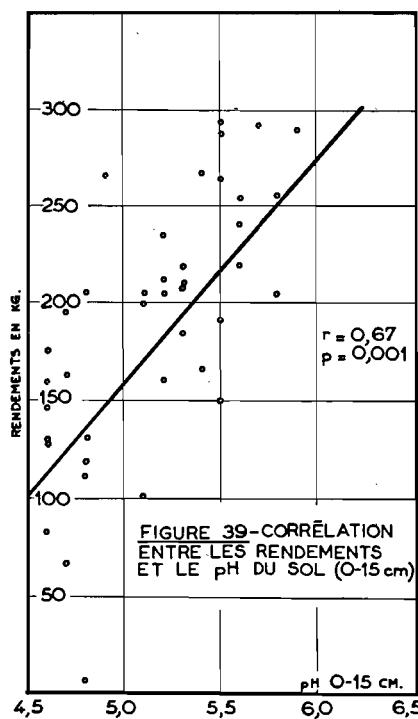
3. Les engrains minéraux.

Le problème des engrains minéraux est plus complexe que les précédents, ou tout au moins il est plus difficile de distinguer l'action sur le sol et sa fertilité et l'action nutritive directe. Pour certains éléments, le rôle du sol s'annule comme si celui-ci n'était plus qu'un support.

D'une manière pratique, on a été amené à conseiller au planteur de se « débarrasser » de la nutrition en calcium, magnésium, phosphore (et par l'emploi du fumier, de l'apport, grossièrement, des oligo-éléments) pour n'avoir plus à se préoccuper que de l'alimentation azotée et potassique.

a) *L'acide phosphorique.* — L'élément phosphore ne semble pas être d'une importance capitale pour la nutrition du bananier, comme déjà dit ; son apport seul (sans azote, ni potasse) ne donne aucun surplus de rendement par rapport à un témoin sans engrais (Essai préliminaire engrais, Station Centrale I.F.A.C., 1949).

On doit ajouter que les planteurs ont toujours apporté cet élément en grandes quantités, soit sous forme de phosphates naturels, de scories (on a d'ailleurs assez souvent confondu lors de ces applications, l'action de la chaux qu'ils contiennent avec celle du phosphore). Les analyses ont montré que les vieilles plantations en sont toujours largement pourvues.



pH ⁽¹⁾	Rendement t/ha	Nombre de bananiers
4,5 à 5	16,9 = 100	340
5 à 5,5	25,7 = 152	260
5,5 à 6	30,7 = 182	240 } en parcelles de 20 bananiers

(1) Mesurés par G. MONNIER.

Il pouvait cependant y avoir intérêt à apporter le phosphore sous une forme ou une autre ; entre 1950 et 1955, on a comparé des apports de phosphate bicalcique, de phosphate naturel et de phosphate alumino-calcique (traité) de Thiès. Aucune différence d'action n'a été constatée. Pendant la période 1954-55, aucun épandage n'ayant eu lieu, les parcelles en bi-calcique n'ont présenté aucune diminution de rendement, ce qui laisse supposer que le stock du sol, même pour cet engrais réputé soluble en sol acide, était suffisant.

G. MONNIER vérifia dans cet essai l'excellente corrélation entre le taux de P_2O_5 assimilable et la teneur en humus (R. A. 1954). Nous avons établi (fig. 21) une relation entre ces éléments dans l'essai Fumure organique n° 1.

Pratiquement, on conseille aux planeteurs de réduire les apports au minimum, en utilisant des formes économiques peu solubles (phosphates tricalciques par exemple), soit, dans les anciennes bananeraies de 250 g à 500 g par pied, tous les 3 ou 4 ans, soit, sur les terrains neufs, 500 g à la plan-

tation, et ensuite, 250 g tous les 2 ou 3 ans.

b) *Les engrais azotés et potassiques, sous formes solubles.* — Avant d'envisager séparément chaque élément, il est bon de rappeler quelques faits. La climatologie guinéenne (chap. I) fait que le sol est traversé en 4 à 6 mois par 2 à 4 mètres d'eau de pluies. Pendant 3 mois, le nombre des précipitations est si important que le lessivage constant de la solution du sol ne peut étonner personne. On peut supposer que les échanges avec cette solution toujours diluée amènent un appauvrissement important.

Ceci est une hypothèse, mais quelques faits sont à mettre en évidence.

Cas de la culture sans apports nutritifs ou amendements. — Ce cas est celui d'une portion importante (environ 50 %) de la production guinéenne, issue de plantations conduites extensivement, ni amendées, ni fumées. Le seul apport est généralement le paillage. La richesse du sol, toute relative, joue alors son rôle. Toutes choses égales par ailleurs et en état sanitaire correct, la production est proportionnelle à cette valeur du sol. Les observations d'il y a quelques années en Guinée, nous font estimer qu'en terres pauvres gréseuses, on ne dépasse guère 8 t/ha, 12 à 15 tonnes sur des terres issues de micaschistes ou de dolérites, et exceptionnellement 20 t/ha.

On ne trouve pas en Guinée de sols très riches pouvant supporter des bananeraies plusieurs années de suite sans engrais (comme cela existe au Cameroun par exemple).

Cas d'interruption dans les apports : ce cas est devenu fréquent pour des raisons diverses, le plus souvent d'ordre économique ; les planteurs interrompent pour une période plus ou moins longue tous les apports minéraux. Nos essais montrent constamment que la chute des rendements est immédiate. Autrement dit, les fortes productions exigent la continuité des fumures minérales.

Un exemple récent (et non achevé) est donné par un essai de la Station Centrale I.F.A.C. (culture annuelle de Poyos essai 1957) ; cet essai est installé sur une bananeraie rendant normalement

environ 35 t/ha. Six mois après plantation, les parcelles ayant reçu une fumure minérale régulière donnaient 36 à 60 % de leurs fleurs tandis que les témoins n'en avaient que 4 %. Il convient d'insister sur le fait qu'il s'agissait d'un sol abondamment pourvu au départ des éléments organiques et minéraux.

On a pu préciser ces baisses de rendement sur un sol moins évolué et moins riche (essai N/K, 1956 sur Poyos) où on avait disposé entre autres les traitements suivants :

- 1) parcelles amendées et phosphatées, sans apports de potasse et d'azote,
- 2) mêmes parcelles, avec potasse et azote.

La figure 41 montre que les parcelles 2 ont donné 136 % du rendement des parcelles 1, ce qui se matérialise par un gain de 6 t/ha pour le traitement n° 2.

Au début de ce paragraphe, on a parlé de *formes solubles*. La très grande solubilité de la plupart des formes des engrais azotés et potassiques est la raison pour laquelle, dans les conditions locales, nous conseillons le fractionnement des épandages. A la Station Centrale de l'I.F.A.C. même, on est passé entre 1948 et 1957, de 2 épandages à 4, puis à 6, et enfin 10 (grâce à l'irrigation par aspersion en saison sèche).

Dans la même expérience de plantation annuelle citée au paragraphe précédent, on a expérimenté sur des parcelles recevant 8 et 16 épandages pour la production d'un régime. Pour 8 apports, on a actuellement 49,3 % de floraison, et pour 16 apports 57 %

D'autres exemples pour les engrais azotés sont cités dans les lignes suivantes.

b₁) *Les engrais azotés.* — Tout se passe comme si l'azote du sol ne jouait qu'un rôle restreint, et que seuls les apports réguliers de cet élément amènent une végétation normale. Autrement dit, l'azote est l'élément dont l'absence limite le rendement.

Dans l'essai N/K déjà cité, la parcelle témoin sans engrais donne 28 % de rendement de moins que la parcelle 3 ayant reçu 100 g d'azote en 10 épandages et 33 % de rendement de moins que la parcelle 6 ayant reçu

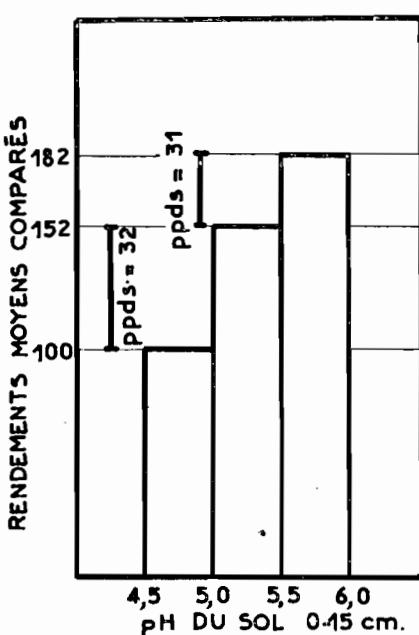
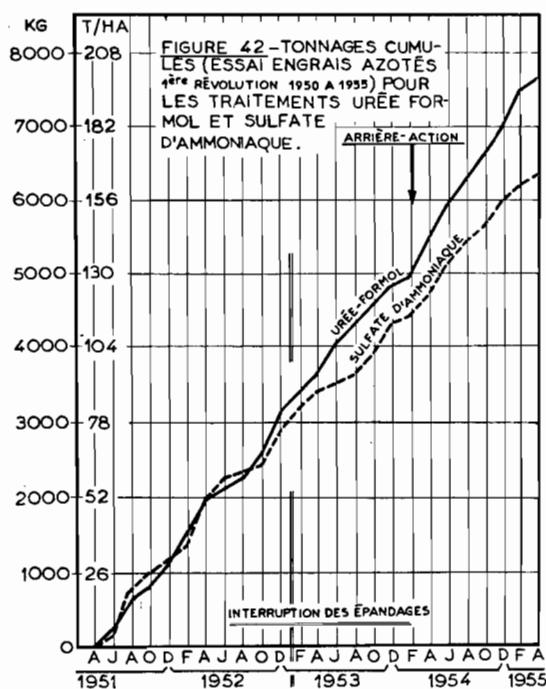
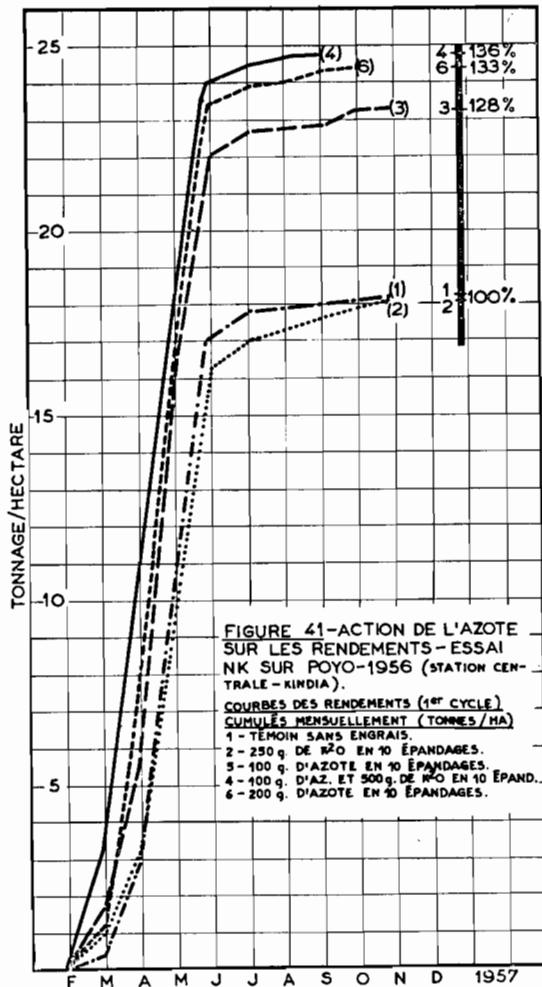


FIGURE 40—ESSAI AMENDEMENT FASSARA—AUGMENTATION DES RENDEMENTS EN FONCTION DU pH DU SOL.



200 g d'azote en 10 épandages (fig. 41). Ceci a d'ailleurs une conséquence pratique très importante puisque dans le cas où un planteur ne peut engager que des frais minimes à la fumure minérale, ce sera l'azote qui doit être choisi en priorité. Pour la plantation encore extensive de la majorité des exploitants africains, ce fait doit servir de base pour toute tentative d'amélioration.

Les travaux déjà cités sur le comportement de l'azote dans le sol ont montré que cet élément y était extrêmement fugace pendant toutes les périodes très pluvieuses. Ceci coïncide avec les observations agronomiques faites sur le fractionnement des épandages.

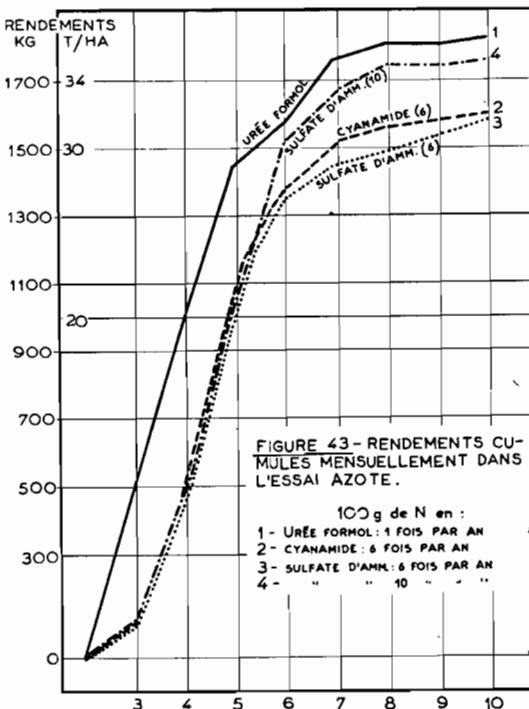
En effet, un de nos essais étudie depuis 1950 la nature des engrains azotés et en particulier l'urée-formol (Azorgan, mis au point par les Laboratoires de l'O. N. I. A., voir article de J. SOUBIES et R. GADET (1), produit très peu soluble et à nitrification extrêmement lente, en comparaison avec le sulfate d'ammoniaque. Entre 1950 et 1955 (fig. 42) la comparaison montre que l'urée-formol agissait très peu au départ, mais, les épandages ayant été terminés pour tous les produits mis en œuvre en fin 1952, que ce nouvel engrais manifestait une arrière-action considérable. Sur les cinq années (de plantation à déplantation), les parcelles urée-formol donnaient 33 t/ha de plus que le meilleur des traitements sulfate d'ammoniaque et 43 t/ha de plus que le moins bon. Cela équivalait donc pratiquement à un régime de plus pour cet engrais. Cet effet ne pouvait être attribué qu'à une alimentation régulière en azote.

Cet essai fut repris en 1955, mais ne put être malheureusement maintenu à cause d'une forte attaque de cercosporiose. On l'avait modifié comme il suit, les résultats donnés intéressent d'abord la production après 10 mois, puis en fin de cycle.

La grande précocité manifestée par l'urée-formol en 1956 peut être attribuée à une arrière-action datant de la première époque de l'essai. Cependant, le sulfate d'ammoniaque en 10 épandages a manifesté son effet tardivement, amenant presque au même rendement. Les épandages en 6 fois se montrent inférieurs (fig. 43).

Ceci est preuve de l'importance de l'apport très régulier de

(1) Les polymères de l'urée formaldéhyde, engrais azotés à nitrification ménagée. *Fruits* mars 1957, vol. 12, no 3, p. 83-97.



Traitement	Fin avril 1956		Fin novembre 1956	
	T/ha	% par rapport à l'urée-formol	T/ha	% par rapport à l'urée-formol
1. Urée-formol : 1 fois par an .	20 T 10	100 50	36 T 32	100 88
2. Cyanamide : 6 fois par an ..				
3. Sulfate d'ammoniaque : 6 fois par an	9	45	32	88
4. Sulfate d'ammoniaque en 10 fois	9	45	35	96

l'azote, en hivernage, pour compenser les pertes par lessivage. *Pratiquement*, nous conseillons actuellement, en attendant que l'urée-formol ait été étudié plus avant et devienne un engrais commercialisé, d'opérer le maximum d'épandages compatible avec la conduite économique des bananeraies.

Des essais actuels ou prévus tendent encore à augmenter ce fractionnement et à étudier leur répercussion sur les rendements. Notons pour simple information que les quantités d'engrais azotés apportées par pied, à la Station, c'est-à-dire sur sols gréseux, varie de

100 g à 200 g d'azote (soit de 250 à 500 kg/ha). Ceci pour le Bananier nain, la variété Poyo n'étant pas encore assez connue à cet égard.

b₂) *Les engrains potassiques*. — Nous n'avons que peu de données sur le comportement de la potasse dans le sol. Plus haut, a été notée l'influence du pH sur sa fixation. Ce fait peut être extrêmement important pour l'explication de phénomènes en dehors de ce qui nous occupe ici : des excès périodiques de potasse dans la plante.

L'essai N/K sur Poyos nous a prouvé (fig. 41) que des *apports de potasse*

seule (en l'absence d'azote) ne donnent aucun surplus de rendements. De fait, dans cet essai, les rendements des témoins et parcelles à potasse seule sont pratiquement identiques. Le même phénomène avait été observé autrefois sur Bananier nain (essai préliminaire engrais 1949).

L'étude des résultats de cet essai préliminaire avait montré que sur des terres neuves, l'action de la potasse dans diverses formules étudiées et complètes en N P K, pouvait être considérable, mais il est certain que d'autres facteurs étaient alors inconnus : action du calcium et du magnésium, action du pH, etc...

Actuellement, par manque de connaissances précises, nous conseillons de pratiquer les apports de potasse d'une manière très fractionnée, de façon à limiter les accumulations à certaines périodes dans la solution du sol, et le lessivage intense en hivernage. Il est difficile d'indiquer les doses à utiliser, car elles varient énormément selon les cas. Pratiquement, on apporte des quantités de K₂O double ou triple de celles d'azote.

VII. CONCLUSIONS

A. — UTILISATION PRATIQUE DES DONNÉES ANALYTIQUES

A la lecture des chapitres précédents, le planteur aura pu se rendre compte qu'un certain nombre de phénomènes ont été éclaircis par l'interprétation des chiffres d'analyse du sol. Ces phénomènes ne sont pas indépendants les uns des autres et c'est pourquoi l'interprétation brutale des données peut amener à des erreurs considérables. Les explications qui suivent ont été quelque peu simplifiées dans un but de vulgarisation.

1. Les caractéristiques physiques.

Nous n'insisterons pas sur ce point, d'une part parce que les déterminations qui s'y rapportent sont plus délicates et difficiles à effectuer en grande série ; d'autre part, nous avons vu que la granulométrie jouait un rôle secondaire et que, somme toute, il n'y avait pas de différence radicale entre les plantations ; enfin, il est certain que l'amélioration des principales caractéristiques physiques (capacité au champ, structure, etc...) s'obtient surtout par la pratique des amendements organiques et minéraux sur laquelle nous nous sommes largement étendus.

2. La matière organique.

Nous pensons avoir suffisamment démontré le rôle prépondérant de cet élément en bananeraie guinéenne et l'avantage que peut tirer le planteur des fumures organiques. Répétons que s'il est impossible de relier directement la teneur en matière organique à la production, il est cependant indispensable que le planteur veille à la conservation d'un stock suffisant de cet élément dans son sol. Ceci nous paraît le seul point crucial puisqu'aussi bien nous avons

pu montrer qu'il n'existe pas, en fait, dans les bananeraies normales, de problème de minéralisation ou d'humification, ces deux phénomènes s'effectuant généralement d'une façon très convenable (fig. 5 et 5 bis).

3. Caractéristiques générales du complexe.

a) *La Capacité du sol*, définie au chapitre « Caractéristiques », détermine le pouvoir adsorbant du sol, et donne pratiquement au planteur *le potentiel possible* de sa terre à bananes.

Si cette capacité est *moindre que 5 m. é. q.*, le planteur doit chercher à l'augmenter par des apports organiques importants, seule méthode utilisable, car exceptionnels sont les cas où des apports de terre à fort complexe seraient possibles.

Une bonne capacité du sol est un caractère intéressant à rechercher, car elle permet d'obtenir un meilleur équilibre du sol par la suite.

b) *Saturation du complexe*. — Cette capacité du sol sera plus ou moins saturée selon les cas. Peu saturée, c'est dire qu'elle contient des « ions H », ce qui s'exprime par une *forte acidité*. Elle constitue avec l'acidité de la matière organique, l'acidité totale du sol.

La saturation consiste dans le remplacement de ces ions H par ce que l'on appelle les bases : calcium, magnésium, potassium ; elle diminue l'acidité. Suivant l'avancement de ce remplacement, la *saturation est faible, moyenne ou forte*, et ceci est une précieuse indication pour le planteur ; elle s'exprime par le *coefficient de saturation*.

Ce coefficient, en bonne corrélation avec le *pH*, est donc un indice excellent de l'état du sol (fig. 23). A une *faible saturation*, correspond une *forte acidité* et inversement. On tiendra donc moins compte en pratique des teneurs en chaux et en magnésie, nombres absolus, que du coefficient de saturation et du *pH*. Pour aboutir au *pH 6* qui est conseillé, on devra *apporter plus ou moins d'amendement minéral selon la capacité du sol* et ce sont les sols qui ont le complexe adsorbant le plus élevé qui réclament le plus de chaux, inconveniente, minime d'ailleurs, des sols riches, argileux ou organiques.

Quelques exemples se référant à des analyses en bananeraies illustreront mieux ces faits essentiels :

1. *Exemple de capacité faible, néanmoins mal saturée, acidité notable* (référence Eb 20), plantation à très faible rendement, de l'ordre de 10 à 15 t/ha.

capacité	total bases	% saturation	pH
4,4	1,6	35	5,5

Cette terre réclame : augmentation de la capacité par apport du fumier artificiel, la saturation du complexe existant par des apports modérés de chaux agricole et de chaux magnésienne (2 tonnes à l'hectare, puis contrôle du résultat).

Dans un autre cas très semblable (Eb 251), le taux de saturation encore plus bas, donne une acidité forte.

capacité	total bases	% saturation	pH
5	1	20	4,8

2. *Exemple de capacité faible, bien saturée, acidité faible* (référence Eb 161), ce cas, assez spécial, donne des rendements de l'ordre de 20 t/ha, mais faibles par rapport à des carrés voisins, dont les caractéristiques sont données entre parenthèses. Ce sol, déficient en capacité, demande tout simplement des apports de matière organique, puis des doses faibles et constantes d'amendements, pour saturer le complexe au fur et à mesure qu'il se forme.

capacité	total bases	% saturation	pH
3,6 (8,8)	2,6 (4,7)	72	6 (5,1)

3. *Exemple de capacité moyenne, mal saturée, forte acidité* (référence Eb 14), plantation de la Kolenté, ayant un très mauvais rendement (moins de 10 kg de poids moyen). Cette terre réclame un amendement à forte dose (4 à 5 tonnes de chaux) amenant rapidement à saturation, remontant le *pH* ; simultanément, apports réguliers de matière organique limitant les carences.

capacité	total bases	% saturation	pH
10,6	2,3	22	4,5

4. Exemple de capacité assez forte, très mal saturée, forte acidité (Eb 201), bas-fonds de la région de Friguiagbé, récemment mis en valeur, sans obtention de rendements valables.

capacité	total bases	% saturation	pH
13,5	1,5	11	4,8

Nécessité d'un chaulage extrêmement important pour obtenir des résultats. Terrain ayant un fort potentiel aucunement utilisé.

5. Exemple de capacité assez forte, bien saturée, acidité faible (Eb 3), plantation de la région de Konkouré, à fort rendement de l'ordre de 35 t/ha.

capacité	total bases	% saturation	pH
16,6	13,6	82	5,6

6. Exemple de capacité très forte, assez bien saturée, acidité moyenne (Eb 231).

capacité	total bases	% saturation	pH
21,5	13,5	62	5,2

Ce sol pourrait encore être amélioré par des apports moyens d'amendements.

En fait, ce qui importe beaucoup plus que la capacité de fixation, c'est le degré de saturation. A partir d'une capacité minimum de l'ordre de 6 m.é.q., il suffira au planteur d'apporter des amendements en quantités rationnelles pour avoir un sol bien équilibré et lui permettant, toutes choses égales par ailleurs, d'obtenir d'excellents rendements.

Dans le cas où la capacité d'échange est réellement trop faible, le planteur conserve la possibilité par des apports organiques importants d'augmenter sensiblement le potentiel de son sol. Nous avons vu à ce sujet le rôle primordial de l'humus (fig. 18).

c) *Les bases.* — D'après ce que nous venons de voir, il apparaît que la valeur absolue des teneurs en chaux ou magnésie, n'a qu'une importance relative et ne prend toute sa signification que si l'on connaît la valeur de la capacité totale. Nous pouvons fixer grossièrement, d'après les plantations étudiées, la valeur moyenne de la capacité d'échange en sol de bananeraie à 8 m.é.q. pour 100 g ; avec un coefficient de saturation de 70 %, nous aurions donc 5,6 m.é.q. de bases fixées. On peut alors les répartir de la façon suivante ; 3,5 m.é.q. de chaux, 1,5 m.é.q. de magnésie et 0,5 de potasse, ces chiffres représentant évidemment des valeurs moyennes, et variables, sauf en ce qui concerne la potasse, avec les valeurs de la capacité d'échange.

D'autre part, il est intéressant de considérer les quantités de potasse et de magnésie, dont le rapport peut être très variable ; nous donnons dans le tableau suivant quelques exemples concernant des plantations atteintes de bleu ou saines :

Bananeraies	K échang.	m.é.q. pour 100 g de sol	Mg. échang.	K/Mg
A) Avec bleu :				
Eb 19.....	0,7	1,0	0,7	
Eb 251.....	0,23	0,20	1,1	
Eb 291.....	0,72	0,7	1,0	
B) Saines.				
Eb 281.....	0,72	3,0	0,24	
Eb 1.....	0,12	2,3	0,05	
Eb 3.....	0,47	4,5	0,10	

(notons que les échantillons Eb 281 et 291 avaient été pris simultanément sur la même plantation, et que les différences sont particulièrement nettes).

d) *Correction des déficiences.* — Nombreux sont les planteurs qui ont tendance à confondre la pratique des amendements et des fumures minérales. Une déficience visible en azote peut aisément se corriger par quelques apports de l'ordre de 20 à 50 grammes de cet élément par pied. Les déficiences en bases nécessitent au contraire des apports beaucoup plus importants. Par exemple, une déficience en chaux signalée dans les résultats d'analyse de sol réclame au minimum une augmentation du taux de calcium de 2 m.é.q. pour 100 g, ce qui correspond en gros à une application de 1 kg par pied de chaux agricole.

Dans le cas d'une plantation fortement désaturée, ces quantités peuvent être largement doublées ou répétées deux années de suite. L'exemple (4) cité plus haut (Eb 201) montre qu'il existe de telles désaturations.

4. Les engrais.

Nous avons vu que le problème des engrais phosphatés ne se posait guère pour l'instant.

En ce qui concerne les apports azotés, il semble bien qu'ils soient de toutes façons indispensables pour assurer de hauts rendements, quelles que soient les qualités du sol.

Enfin la question de la potasse du sol est actuellement celle qui nous préoccupe le plus et nous avons déjà dit que dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons que préconiser les épandages fractionnés.

En résumé : L'analyse du sol permettra avant tout au planteur, ainsi que nous l'avons dit plus haut, de maintenir un potentiel de fertilité aussi élevé que possible (suffisance de la matière organique, bonne saturation en bases, équilibre en ces éléments). Mais il est certain qu'à partir de potentiels analogues, les rendements, toutes choses égales par ailleurs, resteront affaire de métier de la part du planteur.

5. Caractéristiques biologiques.

a) *Minéralisation de la matière organique.* — Une excellente minéralisation de la matière organique est une condition nécessaire bien que non suffisante de l'obtention de rendements élevés. En ce qui concerne le cycle du carbone, le coefficient de minéralisation $\frac{CO_2}{C}$ ne doit pas descendre au-dessous de 0,0300. Quant aux réserves du sol en azote minéral et minéralisable, elles doivent se situer *aux environs de 300 kg/ha* et correspondre à une bonne ammonification et à une excellente nitrification. Cette dernière activité mesurée par une densité bactérienne *doit être supérieure à 1 000 germes nitreux par gramme de sol.*

Lorsque les processus de minéralisation sont trop lents, et que la nitrification en particulier est déficiente, il est, en général, facile d'améliorer la situation, en procédant à des amendements calciques et magnésiens.

b) *Amélioration et maintien du stock de matière organique des sols de bananeraies.* — Les paillis et les compostages ont pour but de maintenir et même d'améliorer le stock de matière organique des sols de bananeraie ; alors que le paillis enrichit le sol en matière organique facilement décomposable, le compost apporte une matière organique à décomposition plus lente ; ce dernier traitement est donc à conseiller lorsque l'on craint une disparition trop rapide des réserves du sol.

B. — ORIENTATION DES RECHERCHES PÉDOLOGIQUES EN RELATION AVEC L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION

A la fin de cette mise au point sur les sols de bananeraie, il apparaît qu'un certain nombre de questions restent encore à élucider :

1. Étude précise de la mise en valeur des terrains neufs, et des méthodes les plus rationnelles et les plus économiques pour relever les niveaux de production actuellement trop faibles.

2. Étude du comportement de la potasse dans le sol : lessivage du complexe, variations saisonnières de la concentration de la solution du sol. Ceci afin de remédier dans la mesure du possible aux déséquilibres qui apparaissent autant en sols riches qu'en sols pauvres. Les recherches devront partir sur les bases suivantes : étude sur un sol à pH 6, saturé ou presque dans son complexe, alimenté régulièrement en azote ; on pourra alors faire varier les apports de potasse, étudier l'évolution dans le sol et les effets sur les rendements.

3. Détermination des critères en ce qui concerne l'acide phosphorique du sol (insuffisance et excès).

4. Dans le domaine agro-biologique :

— Variations saisonnières des teneurs en azote minéral et minéralisable.

— Nitrification.

— Minéralisation du carbone.

— Phénomènes de réduction du Soufre et du Fer.

Par ailleurs, notons que des études similaires sont entreprises dans différents territoires producteurs de bananes et que les résultats en seront publiés dès que possible.

DOCUMENTS ANNEXES

à l'étude des sols des bananeraies

ANNEXE N° 1

COMPOSITION DE QUELQUES ROCHES
DE GUINÉE

	Pérido-tite	Dolé-rite	Granit	Gneiss
SiO ₂	40,01	51,27	72,52	74,55
Al ₂ O ₃	2,54	12,36	14,10	14,85
Fe ₂ O ₃	1,00	3,29	1,57	1,25
FeO.....	11,70	6,16	0,70	6,50
Cr ₂ O ₃	0,16	—	—	0,70
MgO.....	39,90	13,26	0,51	0,68
CaO.....	1,68	10,66	1,36	2,88
Na ₂ O.....	1,07	1,60	3,01	1,40
K ₂ O.....	0,52	0,41	5,10	3,62
TiO ₂	—	0,70	0,36	—
P ₂ O ₅	—	0,11	0,01	—
H ₂ O.....	1,10	—	0,40	0,52

ANNEXE N° 2

QUELQUES DONNÉES ANALYTIQUES
DE SOLS UTILISABLES
EN CULTURE BANANIÈRE

	Alluvions Kolente	Alluvions Kolente	Bas-fond à Fossi-Benty
Azote pour mille	0,94	0,86	4,6
Matière organique % ..	3,0	2,5	14,5
Matière humique tot. % ..	0,50	—	—
Acides humiques % ..	0,18	—	—
K m.é.q. % échangeable	0,17	<0,04	0,17
Ca m.é.q. % échangeable	0,64	<0,14	0,21
Mg m.é.q. < échangeable	0,3	<0,4	1,6

ANNEXE N° 3

MÉTHODES ANALYTIQUES UTILISÉES

1. Analyses physiques.

- a) *Granulométrie* : Dispersion au métaphosphate.
Méthode pipette.
- b) *Humidité équivalente* : centrifugeuse conçue pour cette étude (30 mn à 2 440 t/mn).
- c) *Point de flétrissement* : humidité mesurée au flétrissement du tournesol.

2. Matière organique.

- a) *Carbone* : Méthode de Anne.
- b) *Azote* : Kjeldahl. Catalyseur au sélénium.
- c) *Matière humifiée* : extraction au fluorure de sodium et dosage manganimétrique .

3. Complexe absorbant.

- a) *Capacité d'échange* : percolation à l'acétate d'ammonium pH 7.
 - Élimination de l'excès par l'alcool 60 %.
 - Déplacement de l'ammonium par le chlorure de sodium à 10 %.
 - Distillation de l'ammoniaque libérée.
- b) *Bases échangeables* : Extraction à l'acétate normal pH 7.
 - Dosage par spectrographie par le laboratoire des Sols de l'I. D. E. R. T. Bondy.
- c) *Acide phosphorique assimilable* : extraction à l'acide citrique ou à l'acide sulfurique N/500. Dosage colorimétrique au vanadomolybdate.
 - Dosés par le laboratoire de Spectrographie de l'I. D. E. R. T. sur extrait acétique.

C. — Cycle du fer et du soufre.

La densité des bactéries ferro-minéralisatrices, bactéries aérobies minéralisant le fer organique en fer minéral Fe⁺⁺⁺,
la densité des bactéries ferro-réductrices, bactéries anaérobies réduisant le Fe⁺⁺⁺ en Fe⁺⁺,
et la densité des bactéries sulfato-réductrices, bactéries anaérobies réduisant les sulfates en sulfures,
sont exprimées en nombre de germes par gramme de sol.

D. — Microflore totale.

La densité de la microflore totale est exprimée par le nombre total des bactéries contenues dans 1 g de sol.
Le pH est mesuré au pHmètre Radiometer sur pâte de sol.

Remarques

Pour transformer en kg/ha les taux exprimés en mg/100 g de sol, il suffit de multiplier ce dernier chiffre par 30 (si l'on admet qu'un hectare correspond à 3 000 t de terre).

Exemple : un échantillon contenant 10 mg d'azote minéralisable par 100 g correspond à un sol renfermant 300 kg d'azote minéralisable à l'hectare.

ANNEXE N° 4

**DÉFINITION
DES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES SOLS
ÉTUDIÉS AU LABORATOIRE DE BIOLOGIE
DE HANN-DAKAR**

A. — Cycle de l'azote.

L'étude de l'évolution de l'azote et plus particulièrement de sa minéralisation présente un grand intérêt, car cet élément constitue souvent le facteur limitant dans les sols tropicaux.

1. Fixation de l'azote en aérobiose.

Les densités des *Azotobacter chroococcum* caractéristiques des sols basiques ou neutres — et des *Beijerinckia indica* — caractéristiques des sols tropicaux humides à pK acides, sont exprimées en nombre de micro-colonies par gramme de sol.

2. Protéolyse.

La densité des germes protéolytiques — germes responsables de la dégradation des grosses molécules azotées — est exprimée en nombre de germes par gramme de sol.

3. Ammonification et nitrification.

a) Le pouvoir ammonifiant du sol est caractérisé par sa richesse en *uréase* exprimée par le nombre de milligrammes d'azote (ammoniacal) provenant de la décomposition de 10 g d'urée sous l'action de l'enzyme contenu dans 100 g du sol étudié.

b) La densité des bactéries nitreuses est exprimée en nombre de micro-colonies par gramme de sol.

c) La quantité d'azote minéral : azote ammoniacal + azote nitrique — est exprimée en milligramme d'azote pour 100 g de sol.

d) La quantité d'azote minéralisable — c'est-à-dire de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique après une incubation de 28 jours à 30°C — est exprimée en milligrammes d'azote pour 100 g de sol.

4. L'azote total.

Est exprimé en pour mille.

B. — Cycle du carbone.

1. La densité des germes cellulolytiques aérobies (Cell.) est exprimée en nombre de micro-colonies par gramme de sol.

2. Le taux de saccharase est exprimé par le nombre de milligrammes de sucres réducteurs provenant du dédoublement du 10 g de saccharase sous l'action de l'enzyme contenu dans 100 g de sol étudié.

3. Le dégagement de gaz carbonique (CO_2) est exprimé en milligrammes de CO_2 dégagé en 7 jours par 100 g de sol convenablement humidifié.

4. Le carbone total est exprimé en pour cent.

ANNEXE 5 BIS

**CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES
DE SOLS DE BANANERAIES DE GUINÉE COMPARÉES A CELLES D'UN SOL HYDROMORPHE
A ARACHIDES DE LA RÉGION DE DAROU (SÉNÉGAL)**

	Sol de bananeraie de Guinée en bon état	Bon sol à arachide hydromorphe de la région de Darou
<i>Numérations bactériennes :</i> (Densités exprimées en germes par gramme de sol).		
Microflore totale.....	5 à 30 000 000	17 000 000
Microflore protéolytique	500 000 à 10 000 000	500 000
Bactéries minéralisant le fer organique	100 000 à 500 000	—
<i>Azotobacter chroococcum</i>	0	10 à 100
<i>Beijerinckia indica</i>	10-500	0
Cellulolytiques.....	1 000 à 10 000	500 à 1 000
Nitreux.....	1 000 à 3 000	500 à 1 000
<i>Caractéristiques biochimiques :</i>		
Azote minéral + azote minéralisable en kg/ha.....	200 à 720	30 à 90
Dégagement CO_2 en mg $\text{CO}_2/100$ g de sol	100 à 200	50
Uréase.....	100 à 150	100
Saccharase.....	200 à 500	600 à 700
pH	5,5 à 6,5	6,4

ANNEXE 5

CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DE QUELQUES SOLS DE BANANERAIES GUINÉENNES

(Mars 1957)

Emplacement des plantations	N° échant.	Microflore totale	Protéolytiques	Bactéries ferro-minéralisatrices	Bactéries ferro-rédu	Azot. Chro.	Beij. ind.	Cellul.	Nitreux	Sacch.	Uréase	N minéra + N minéralisable	CO ₂	pH
<i>Coyah.</i>														
1 ^{re} parcelle : très belle plantation, bananiers nains.....	EB 10	10 000 000	1 800 000	180 000	16 000	0	10	11 000	3 750	530	143	11	130	6,0
2 ^e parcelle : belle plantation, bananiers nains	20	10 000 000	1 300 000	145 000	3 000	0	200	8 300	1 200	550	120	9	89	5,7
<i>Benty.</i>														
1 ^{re} parcelle : surf. 0-5 cm ban. nain... : prof. 30-40, ban. nain	30	10 000 000	760 000	650 000	5 000	0	10	13 300	3 230	350	267	11	94	6,0
3 ^e parcelle : très belle végétation, ban. Poyo (léger excès azote).	31	—	—	—	—	0	4	2 400	410	190	119	16	116	5,2
Essai de paillis de déchets de bananiers	40	—	—	—	—	0	2	3 350	1 530	1 010	284	34	400	6,7
2 ^e parcelle : belle végétation poyo....	50	—	—	—	—	0	—	1 450	1 550	240	120	11	85	5,9
<i>Essai chaulage de tourbe.</i>														
Tourbe chaulée	60	—	—	—	—	0	10	2 780	1 650	310	362	24	393	6,7
Tourbe non chaulée.....	70	—	—	—	—	0	20	560	490	550	77	—	204	4,4
3 ^e parcelle : très belle végétation, ban. Poyo (léger excès azote).	80	—	—	—	—	0	50	1 840	1 510	390	134	24	73	5,7
4 ^e parcelle : mauvaise végétation, ban. nain	90	5 000 000	420 000	170 000	11 000	0	10	10 200	940	410	169	12	123	5,7
5 ^e parcelle : assez bonne végétation, ban. nain.....	100	10 000 000	2 300 000	120 000	17 000	0	10	5 400	1 540	370	161	9	90	6,0
6 ^e parcelle : plantation malvenante, ban. nain.....	110	5 000 000	250 000	240 000	15 000	0	50	3 000	670	400	242	20	153	5,1
<i>Friguiagbe.</i>														
Très belle plantation, bananier nain...	130	11 000 000	6 000 000	265 000	4 500	4	220	2 600	1 780	190	106	6	37	6,0
1 ^{re} parcelle : ayant subi apport d'un très bon compost														
2 ^e parcelle : à l'emplacement même d'un ancien compost.....	140	16 000 000	7 000 000	610 000	15 000	0	10	2 400	4 460	180	137	7	65	6,9
<i>Foulaya.</i>														
Sol impropre à la culture bananière ..	BK	7 000 000	180 000	40 000	500	0	100	790	0	1 360	112	—	41	4,5

ANNEXE 6

INFLUENCE DU PAILLAGE ET DU COMPOSTAGE SUR LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES D'UN SOL A BANANIER
Essai fumure organique n° 1 (prélèvements de juillet 1956).

Traitement	Azoto. chroo.	Beij. indica	Nitreux	Cellulo.	Sacch.	Uréase	CO ₂ +	C %	N °/oo	pH	Rendement
I paillage	2	90 (55)	720 ⁺ (58)	3 320 (117)	480 (84)	113 (94)	50,2 ⁺ (128)	2,62 (115)	1,75 (109)	5,8 (100)	
3 compost	1	70 (41)	1 780 ⁺ (143)	3 578 (130)	420 (74)	131 (109)	28,4 ⁺ (72)	2,34 (103)	1,76 (110)	5,9 (102)	
5 compost + paillage	0	200 (118)	1 200 (97)	2 248 (81)	620 (109)	143 (119)	43,6 (111)	2,57 (113)	1,77 (111)	6,0 (103)	
7 témoin	0	170 (100)	1 240 (100)	2 756 (100)	570 (100)	120 (100)	39,2 (100)	2,28 (100)	1,60 (100)	5,8 (100)	
P. P. D. S. 5 %			852				12,2				

Remarques :

1. Sur ce tableau on n'a fait figurer la P. P. D. S. que dans le cas où il existait des différences significatives entre les traitements.

2. Le dosage du CO₂ a été effectué ici suivant une ancienne méthode qui donne des résultats au moins deux fois plus faibles que celle qui a été utilisée depuis 1957.

ANNEXE 7

INFLUENCE DU PAILLAGE ET DU COMPOSTAGE SUR LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES D'UN SOL A BANANIER
Essai de fumure organique n° 1 (prélèvements du 7 mars 1957.)

Traitement	Azoto. chrooc.	Beij. indica	Nitreux	Cellulo.	Sacch.	Uréase	Azotemini néral + Az. min.	N %/oo	CO ₂	C %	CO ₂ /C	pH	Rende ment
I paillage	0	316 (190)	1 346 (66)	2 040 (68)	326 (92)	110 (143)	6,72 (125)	1,68 (113)	155 ⁺⁺ (174)	2,46 (116)	0,0630 ⁺⁺ (149)	6,16 (104)	
3 compost	0	240 (143)	1 208 (60)	2 908 (68)	528 ⁺ (148)	88 (114)	6,66 (124)	1,80 (122)	88 (199)	2,64 (125)	0,0336 ⁺ (79)	5,26 ⁺ (89)	
5 compost + paillage	0	112 (67)	1 124 ⁺ (55)	1 716 (58)	496 (139)	98 (126)	7,52 (140)	1,91 (129)	127 ⁺ (143)	2,82 (132)	0,0448 (196)	5,76 (98)	
7 témoin	0	168 (100)	2 046 (100)	2 982 (100)	356 (100)	77 (100)	5,36 (100)	1,48 (100)	89 (100)	2,12 (100)	0,0424 (100)	5,90 (100)	
P. P. D. S. 0,05		125 (74)	512 (40)	264 (9)	144 (40)	32 (41)	1,50 (28)	0,10 (7)	30 (33)	0,25 (7)	0,0117 (27)	0,38 (6)	

ANNEXE 8

INFLUENCE D'AMENDEMENTS CALCIQUES, MAGNÉSIENS ET CALCO-MAGNÉSIENS SUR LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES D'UN SOL DE BANANERAIES

Essai « potasse-amendement » (prélèvements du 7 mars 1957).

Traitement	Micro-flore totale	Micro-flore protéo.	Azoto. chroo.	Beij. indica	Nitreux	Cellulo.	Sacch.	Uréase	N minéral + N minéral.	N %	CO ₂	C %	CO ₂ /C	pH
Témoin 0	3 200 000	77 000	0	82 (100)	860 (100)	1 660 (100)	587 (100)	41 (100)	8,2 (100)	1,80 (100)	116 (100)	2,61 (100)	0,045 (100)	4,5 (100)
I Amendement calcique	2 500 000	91 000	0	397 (484)	1 815 (211)	2 940 (177)	367 ⁺⁺ (63)	107 ⁺ (260)	9,2 (112)	1,88 (104)	240 ⁺⁺ (207)	2,74 (105)	0,089 ⁺ (198)	6,90 ⁺ (155)
2 Amendement magnésien	3 400 000	42 000	0	85 (104)	2 577 ⁺ (300)	2 182 (131)	197 ⁺⁺ (34)	105 ⁺ (255)	10,0 (122)	1,64 (91)	199 ⁺⁺ (172)	2,35 (90)	0,087 ⁺ (193)	7,72 ⁺ (173)
3 Amendement calcique + magnésien	2 800 000	46 000	0	70 (85)	2 262 ⁺ (263)	2 675 (161)	230 ⁺⁺ (39)	114 ⁺⁺ (276)	1,06 (129)	1,79 ⁺⁺ (99)	2,13 ⁺⁺ (183)	2,59 ⁺ (99)	0,085 ⁺ (189)	7,60 ⁺ (171)
P. P. D. S. 0,05G	—	—	—	308 (375)	1 156 ⁺ (134)	1 404 (85)	105 ⁺ (18)	47 ⁺ (114)	2,4 (29)	0,378 (21)	50 ⁺ (43)	0,720 ⁺ (28)	0,030 ⁺ (67)	0,4 ⁺ (8)
P. P. D. S. 0,01 ⁺⁺	—	—	—	—	1 661 ⁺ (193)	—	151 ⁺⁺ (26)	68 ⁺⁺ (166)	—	0,543 (30)	72 ⁺⁺ (61)	1,04 (40)	0,043 (95)	0,5 ⁺⁺ (11)

ANNEXE 9

INFLUENCE DU CHAULAGE SUR LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES D'UN SOL A BANANIER
Essai « Amendement-Fassara » (prélèvements du 10 avril 1956)

Traitement	Azoto. chroo.	Beij. indica	Nitreux	Cellulo.	Sacch.	Uréase	N miné- ral + N minéral.	N %	CO ₂ ⁺	C %	pH	Rende- ment
Parcelles chaulées	2	60	1 000 (172)	850 (102)	580 (98)	134 (105)	9,4 (208)	1,70 (147)	34 (121)	3,37 (84)	4,6 (102)	
Parcelles non chaulées	0	95	580 (100)	830 (100)	590 (100)	127 (100)	4,5 (100)	1,15 (100)	28 (100)	4,00 (100)	4,5 (100)	
Effet	+2	-35	+420 ⁺	+20	10	+7	+4,9 ⁺⁺	+0,53	+6	-0,63	+0,1	
P. P. D. S.			400 ⁺				4,1 ⁺⁺					

Remarques :

1. Le dosage du CO₂, et celui de l'azote minéralisable ont été effectués ici suivant les anciennes méthodes en vigueur dans notre laboratoire avant 1957.
2. Sur ce tableau, on n'a fait figurer la P. P. D. S. que dans le cas où il existait des différences significatives entre les traitements.

ANNEXE IO

SOLS DE BANANERAIES GUINÉENNES
GRANULOMÉTRIE ET EAU DU SOL

N°	A %	L %	Sg %	Sf %	H ₂ O %	HE %	HF % calculé	HF % mesuré	HE-HF %
Eb 1	27,80	6,05	14,7	40,5	3,64	26,9	14,4	—	12
2	30,46	10,52	19,0	28,5	4,00	29,8	15,9	—	14
3	38,13	19,99	5,6	21,0	4,76	32,8	17,5	17,3	15
4	37,60	19,20	8,0	22,0	4,50	32,6	17,4	—	15
5	16,33	8,50	43,6	20,0	1,61	16,5	8,8	12,1	8
6	16,24	10,85	37,9	23,0	2,35	11,5	6,1	—	5
7	11,00	—	36,9	40,0	1,08	10,5	5,6	6,5	5
8	9,20	4,21	42,6	38,0	0,88	8,7	4,6	5,2	4
9	19,20	3,16	45,6	32,0	1,32	17,7	9,5	—	8
10	9,10	1,57	54,5	28,5	0,93	8,8	4,7	4,7	4
11	30,24	16,57	15,6	25,5	4,70	33,5	17,9	17,9	16
12	17,09	6,05	37,1	30,5	2,19	12,8	6,8	—	6
13	22,09	16,04	8,4	46,0	2,44	17,8	9,5	—	8
14	27,87	16,04	7,6	41,5	2,66	18,6	9,9	—	9
15	16,56	10,53	41,7	25,9	2,17	14,2	7,6	—	7
16	15,78	9,04	43,4	24,0	2,23	15,9	8,5	8,9	7
17	14,99	10,25	47,4	19,5	2,47	16,5	8,8	—	8
18	23,14	9,99	24,4	37,0	2,21	16,6	8,9	—	8
19	24,98	17,63	15,6	33,0	2,74	21,6	11,5	—	10
20	10,20	7,78	41,2	34,0	2,70	10,7	5,7	5,7	5
21	19,72	10,94	37,0	22,5	2,55	20,7	11,1	—	9
22	23,67	8,94	27,9	26,5	3,25	23,1	12,3	—	11
23	24,45	12,63	11,5	44,0	2,66	18,0	9,6	9,6	9
24	29,45	17,36	16,9	25,0	4,36	27,4	14,6	15,0	13
25	29,98	19,20	22,6	17,5	4,78	29,5	15,8	15,0	14
110	32,87	6,31	36,9	12,5	4,72	19,3	10,3	—	9
151	34,19	14,18	16,5	28,0	2,80	24,1	12,9	—	12
161	14,46	5,16	50,6	25,5	1,58	10,3	5,5	—	5
171	9,73	15,78	35,3	31,5	2,25	18,7	10,0	—	8
181	8,16	6,99	53,6	23,0	1,59	10,1	5,4	5,5	5
191	8,41	6,31	49,2	27,5	1,67	11,3	6,0	—	5
201	31,56	8,94	34,0	11,0	4,30	24,8	13,3	—	11
211	17,10	8,40	20,0	49,5	1,76	16,7	8,9	8	8
221	22,30	12,20	35,2	21,0	2,69	16,7	8,9	—	8
231	41,00	18,80	17,0	10,5	5,67	35,1	18,8	—	17
241	30,00	14,00	23,9	20,0	4,38	30,0	16,0	—	14
251	20,50	5,80	43,5	23,0	1,96	14,7	7,9	—	7
261	22,60	17,60	7,7	44,0	2,53	23,0	12,3	—	11
271	21,00	5,00	51,0	17,5	1,71	12,7	6,8	—	6
281	16,30	6,50	50,5	18,5	1,76	14,0	7,5	—	7
301	29,70	8,10	23,9	24,0	5,50	33,5	17,9	—	16
311	13,90	7,10	39,5	36,0	1,28	10,8	5,8	—	5
321	29,00	9,00	25,2	27,5	3,59	25,6	13,7	—	12

A : Argile;

L : limon;

Sg : sable grossier;

Sf : sable fin;

H₂O : humidité hygroscopique;

HE : humidité équivalente;

HF calculé : point de flétrissement calculé;

HF mesuré : point de flétrissement mesuré;

HE-HF : eau disponible maximum.

SOLS DE BANANERAIES GUINÉENNES
ANALYSE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

N°	C	N	C/N	MO	MHT	MHP	MHS	MHT MO %
	%	%		%	%	%	%	
Eb 1	4,70	3,69	12,8	8,1	2,87	2,26	0,61	35
2	5,17	4,25	12,2	8,9	3,06	2,41	0,65	34
3	4,13	2,75	15,0	7,1	1,88	1,24	0,64	26
4	3,60	2,38	15,1	6,2	2,03	1,16	0,87	33
5	4,84	3,18	15,2	8,4	2,62	2,13	0,49	31
6	4,37	2,90	15,1	7,5	2,26	1,96	0,30	23
7	1,73	1,00	17,3	3,0	1,20	0,90	0,30	40
8	1,40	0,77	18,2	2,4	0,85	0,60	0,25	35
9	1,98	1,20	16,5	3,4	1,25	0,99	0,26	37
10	2,04	1,41	14,5	3,5	0,86	0,68	0,18	24
11	3,23	2,55	12,7	5,6	1,70	—	—	30
12	3,07	2,25	13,6	5,3	1,39	1,02	0,37	26
13	1,86	1,23	15,0	3,2	0,98	0,81	0,17	31
14	2,00	1,31	15,3	3,5	1,14	0,62	0,52	32
15	1,27	0,95	13,4	2,2	0,77	0,43	0,34	35
16	2,05	1,43	14,3	3,5	1,12	0,74	0,38	32
17	0,90	0,67	14,5	1,7	0,62	0,48	0,14	36
18	1,50	1,04	14,4	2,6	1,09	0,63	0,46	42
19	1,89	1,37	13,8	3,3	1,30	0,83	0,47	39
20	1,54	1,25	12,3	2,7	1,08	0,74	0,34	40
21	2,60	1,33	19,5	4,4	1,16	0,89	0,27	27
22	2,45	1,91	12,5	4,2	1,27	1,01	0,26	30
23	1,80	1,15	15,7	3,1	1,10	0,81	0,29	35
24	2,85	2,27	13,0	4,9	1,62	1,28	0,34	33
25	3,24	2,59	12,5	5,6	1,79	1,35	0,44	32
110	4,70	3,65	12,9	8,1	1,12	0,10	1,02	14
151	2,20	0,94	23,5	3,8	0,50	0,18	0,32	13
161	0,80	0,55	14,5	1,4	1,50	1,16	0,34	11
171	2,10	1,61	13,0	3,6	1,52	1,06	0,46	42
181	1,60	1,00	16,0	2,8	1,50	1,30	0,20	53
191	2,10	1,45	14,5	3,6	2,04	1,48	0,56	57
201	3,00	1,95	15,4	5,2	1,26	0,52	0,74	24
211	1,30	0,91	14,3	2,3	1,00	0,30	0,70	43
221	2,30	1,45	15,8	4,0	2,20	1,74	0,46	55
231	3,70	2,97	12,5	6,4	2,10	1,54	0,56	33
241	3,50	2,40	14,6	6,0	1,34	0,66	0,68	22
251	1,60	0,93	17,2	2,7	1,02	0,22	0,80	38
261	2,20	1,47	15,0	3,8	1,40	0,70	0,70	37
271	0,90	0,72	12,5	1,6	0,60	0,26	0,34	37
281	2,00	1,30	15,4	3,5	1,32	0,78	0,54	23
301	4,10	3,30	12,4	7,1	2,76	1,78	0,98	39
311	1,20	0,83	14,5	2,1	0,86	—	—	41
321	2,60	2,15	12,1	4,5	1,83	—	—	41

C : carbone;

N : azote total;

C/N : rapport
carbone/azote;MO : matière
organique totale;MHT : matière
humique totale;MHP : matière
humique précipitable;MHS : matière
humique soluble;MHT-MO : pour-
centage de matière
organique humifiée.

SOLS DE BANANERAIES GUINÉENNES ANALYSE DU COMPLEXE ADSORBANT

N°	T m. é. q. 100 g	S m. é. q. 100 g	V %	K m. é. q. 100	Na m. é. q. 100 g	Ca m. é. q. 100 g	Mg m. é. q. 100 g	P ₂ O ₅ ass. % /oo	P ₂ O ₅ ass. % /oo	P ₂ O ₅ ass. % /oo	pH
Eb	I	15,5	6,82	44,0	0,23	4,28	2,20	0,87	1,05	0,49	4,9
	2	17,3	7,35	42,5	0,23	4,60	2,40	1,17	1,53	0,82	4,8
	3	16,6	13,57	81,7	0,47	0,18	8,42	4,50	0,41	0,45	5,6
	4	15,9	10,48	66,0	0,83	0,11	5,74	3,80	0,26	0,31	5,3
	5	9,5	7,54	79,4	0,15	0,09	4,60	2,70	0,23	0,29	5,1
	6	10,2	8,55	83,8	0,40	0,11	5,74	2,30	0,43	0,45	5,1
	7	5,3	5,29	(100,0)	0,34	0,10	3,25	1,60	0,60	0,63	5,6
	8	6,5	6,50	(100,0)	0,36	0,10	3,64	2,40	0,43	0,47	6,1
	9	18,5	7,29	39,4	0,11	0,08	4,60	2,50	0,15	1,06	0,75
	10	—	11,16	—	0,11	0,08	8,27	2,70	1,36	1,68	1,23
	11	14,0	5,84	41,8	0,51	0,08	3,25	2,00	0,15	0,16	0,12
	12	6,4	3,09	48,3	0,25	0,06	1,28	1,50	0,30	0,33	0,25
	13	8,7	6,71	77,1	1,10	0,08	3,53	2,00	0,85	0,98	0,56
	14	10,6	2,33	22,0	0,47	0,06	0,50	1,30	0,10	0,15	0,16
	15	6,8	5,44	80,0	0,30	0,06	3,28	1,80	1,08	1,25	0,95
	16	9,3	6,12	65,8	0,45	0,07	5,00	0,60	1,17	1,55	0,86
	17	7,1	3,79	53,4	0,28	0,62	1,89	1,00	0,16	0,21	5,1
	18	6,8	4,07	59,8	0,34	1,42	1,81	0,50	0,32	0,36	0,27
	19	9,5	5,32	56,0	0,70	1,19	2,43	1,00	0,31	0,34	0,18
	20	4,4	1,56	35,4	0,08	0,55	0,53	△○,40	0,05	0,10	0,12
	21	10,3	6,74	65,4	1,10	0,09	4,45	1,10	1,15	—	5,8
	22	12,0	8,19	68,2	1,55	0,07	5,17	1,40	1,30	—	5,7
	23	8,4	1,82	21,7	0,38	0,06	0,78	0,60	0,11	—	4,8
	24	16,2	13,07	80,7	0,79	0,06	10,02	2,20	0,60	—	5,8
	25	18,7	12,14	64,9	0,79	0,06	9,09	2,20	0,66	—	5,7
	110	14,9	5,45	36,6	0,30	0,13	4,32	0,70	—	—	4,9
	151	9,5	1,19	12,5	0,17	0,08	0,64	0,30	—	—	4,7
	161	3,6	2,64	72,5	0,08	0,35	1,68	0,50	—	—	6,0
	171	8,8	4,74	53,8	0,25	0,71	3,28	0,50	—	—	5,1
	181	4,7	2,47	52,5	0,17	0,42	1,38	0,50	—	—	4,7
	191	10,0	8,29	82,9	0,32	0,40	6,17	1,40	—	—	5,4
	201	13,5	1,48	11,0	0,25	0,52	0,21	0,50	—	—	4,8
	211	6,0	1,93	32,2	0,30	0,77	0,36	0,50	—	—	4,7
	221	12,3	9,54	77,6	0,55	0,44	5,65	2,90	—	—	5,6
	231	21,5	13,27	61,7	2,74	1,95	6,28	2,30	—	—	5,2
	241	13,0	9,92	76,3	0,28	2,45	6,49	0,70	—	—	5,1
	251	5,0	0,97	19,4	0,23	0,08	0,46	—	—	—	4,8
	261	5,2	2,07	39,8	0,19	0,90	0,78	0,20	—	—	4,7
	271	6,2	6,12	99,0	0,30	0,64	2,18	9,00	—	—	5,7
	281	12,4	12,32	(100,0)	0,72	0,90	7,70	3,00	—	—	6,2
	301	6,4	4,19	65,5	0,30	0,11	2,28	1,50	—	—	5,0
	311	6,5	4,21	64,8	0,28	0,80	2,43	0,70	—	—	4,2
	321	6,9	1,45	21,0	0,30	0,45	0,50	△○,20	—	—	4,6
	R : capacité d'échange	S : somme des bases échangeables	V : coefficient de saturation	K : potassium	Na : sodium	Ca : calcium	Mg : magnésium	P ₂ O ₅ ; acide phosphorique assimilable citrique 100 cm ₃	P ₂ O ₅ ; acide phosphorique assimilable citrique 200 cm ₃	P ₂ O ₅ ; acide phosphorique assimilable (Truog)	pH

II - Les sols de bananeraies de la Côte d'Ivoire

LES SOLS DE BANANERAIRES DE LA COTE-D'IVOIRE

par B. DABIN et N. LENEUF

Pédologues.

Maîtres de Recherches à l'O. R. S. T. O. M.

Depuis 1953, les études pédologiques de l'O. R. S. T. O. M. intéressant la production bananière ont été surtout orientées sur la prospection des sols vierges susceptibles de posséder une vocation particulièrement favorable pour cette culture. Des termes de comparaison avaient été pris dans les plantations BAFECAO et ORANGE où les sols présentent le plus de caractères favorables (sols sur roches basiques) et nous nous sommes efforcés dans toutes nos prospections depuis 1953 de trouver des sols ayant des paramètres équivalents de fertilité sur des superficies suffisamment vastes.

En février 1958, une étude approfondie des différents sols de bananeraies de Côte-d'Ivoire est entreprise par nos soins au Centre de Pédologie de l'O. R. S. T. O. M. (Adiopodoumé). Elle a pour objet de déterminer les caractères généraux morphologiques et analytiques des sols de plantations en fonction de leur origine géologique et de leur position topographique ; de connaître les transformations qu'ils ont pu subir du fait de leur exploitation en culture bananière plus ou moins ancienne ; de formuler des conclusions qui serviront ultérieurement, soit dans le choix des terrains, soit pour l'amélioration éventuelle de certaines techniques culturales.

Les prélèvements nécessaires à cette étude ont été faits durant l'année 1958 dans un certain nombre de bananeraies choisies en fonction de l'origine géologique des terres et des variations climatiques de la basse Côte d'Ivoire. Nous avons effectué les analyses au laboratoire de Pédologie d'Adiopodoumé.

Des dosages d'oligoéléments ont été réalisés au laboratoire de spectrographie de l'I. D. E. R. T. à Bondy et complètent utilement toutes les données analytiques courantes sur les sols de la zone forestière de Côte d'Ivoire.

Nous tenons à remercier vivement la Direction de la COBAFRUIT pour toute l'aide qui nous a été apportée lors de la réalisation de ce travail, ainsi que les planteurs chez lesquels nous avons effectué nos prélèvements et qui nous ont toujours fourni avec beaucoup de bienveillance et de sympathie les renseignements d'ordre cultural.

1. GÉNÉRALITÉS

SITUATION GÉNÉRALE DE LA ZONE BANANIÈRE

La situation géographique des principales bananeraies de la Côte d'Ivoire a été conditionnée au départ par la facilité des moyens de communication assurant l'évacuation des fruits (chemin de fer, route, lagune...) sur le wharf de Port-Bouet.

Ce fait explique la concentration des plantations à proximité d'Abidjan sur les alluvions et marécages proches de la lagune Ebrié, ainsi que dans les régions schisteuses d'Azaguié et d'Agboville. L'ouverture du port qui a permis un accroissement rapide des tonnages exportés, le développement d'un système

routier permanent en profondeur dans le territoire, ont provoqué une véritable décentralisation des secteurs bananiers au profit de régions plus lointaines, plus productives, sans dépasser toutefois un rayon de 200 km autour d'Abidjan, limite après laquelle les frais de transport deviennent prohibitifs. Au-delà de cette limite, surtout au Nord, le facteur climatique intervient également pour limiter la production.

Sur Sassandra, le groupement bananier s'est maintenu assez près du port, mais le développement des possibilités du wharf ou la création éventuelle d'un autre port assurerait un développement rapide en profondeur, par suite de conditions pédologiques et climatiques favorables dans cette région.

La carte schématique jointe indique la position actuelle des principaux secteurs bananiers de la Côte d'Ivoire.

L'examen de leur situation géologique montre que tous les grands éléments de la géologie locale sont représentés dans le substratum des sols de bananeraies : schistes birrimiens et micaschistes, granites, roches basiques (dolérites-amphibolites), sables tertiaires néogénés, alluvions fluviatiles, tourbes.

La constitution physico-chimique de ces différentes roches sera mentionnée lors de l'étude morphologique des sols, pour bien montrer les rapports directs de la roche et du sol, et l'influence prépondérante de la rochemère dans le choix des sites bananiers. Les *granites* et les *schistes* constituent pratiquement l'essentiel de la géologie ivoirienne en forêt et en savane. Les *sables tertiaires* répartis sur une bande de 20 à 30 km de large parallèlement à la côte, de Fresco à la frontière du Ghana, formant des plateaux dominant les lagunes de 30 à 40 m., jouent un rôle important dans la géologie et la pédologie de la zone forestière proche du littoral. Les *roches basiques* (dolérites, amphibolites, gabbros...) occupent des sites isolés dans la zone schisteuse du birrimien supérieur, en général peu étendus par rapport à l'ensemble du territoire.

Les alluvions fluviatiles ont un développement de quelques centaines de mètres de large sur les berges des grands cours d'eau (Comoë, Bandama, Sassandra...).

Les marécages tourbeux d'origine forestière ont leur extension maximum dans la basse vallée de l'Agnébi et dans certaines vallées lagunaires de la région d'Abidjan et de Bingerville.

LES FACTEURS CLIMATIQUES

La Côte d'Ivoire forestière est à priori favorisée au point de vue climatique pour l'installation de bananeraies permanentes.

Une bonne production bananière étalée sur l'ensemble de l'année sans l'appoint de techniques complémentaires d'irrigation demande :

1. Une pluviométrie suffisante et bien répartie (1 600 à 2 000 mm).

2. L'absence de saison sèche très marquée (manque de pluies et état hygrométrique de l'air très bas) et fraîche (abaissement de température risquant de retarder la sortie et la maturité des fruits). A l'appui de ces remarques, le climat exceptionnel de l'année 1958 (juillet à octobre) a été démonstratif.

Quelles sont donc les conditions climatiques ivoi-

riennes qui sont loin d'être uniformes pour l'ensemble de la zone bananière ?

La basse Côte d'Ivoire est incluse dans un climat de type guinéen forestier à deux saisons de pluie. Nous étudierons plusieurs points caractéristiques de cette zone :

1. *Abidjan-Aboisso*, représentatif de toute la bande côtière Est : pluviométrie élevée (1 800 à 2 000 mm) et forte hygrométrie de zone forestière.

2. *Agboville-Tiassale-Gagnoa* : pluviométrie moyenne, 1 300 à 1 400 mm et saison sèche plus marquée, en zone forestière et à la limite savane-forêt.

3. *Sassandra* : pluviométrie moyenne de 1 400 mm sur la bande côtière.

Abidjan-Aboisso.

Cette zone climatique est la plus favorable pour le bananier :

— pluviométrie moyenne élevée, variant de 1 487 à 2 756 mm (moyenne de 1 936 mm) répartie sur l'ensemble de l'année ; minimum moyen mensuel de 25 à 50 mm en janvier-février ; pratiquement pas de mois sec sauf année exceptionnelle ;

— hygrométrie permanente très élevée. Variations : maximum moyen mensuel 95 à 97 % ; minimum moyen mensuel 69 à 77 % ; minimum absolu 10 % en février ;

— températures : relativement constantes sans extrêmes très écartés.

Variations : maximum moyen mensuel : 31°9 et 27°4, minimum moyen mensuel : 21°5 et 24°7.

Températures extrêmes absolues : 15°2 et 36°2.

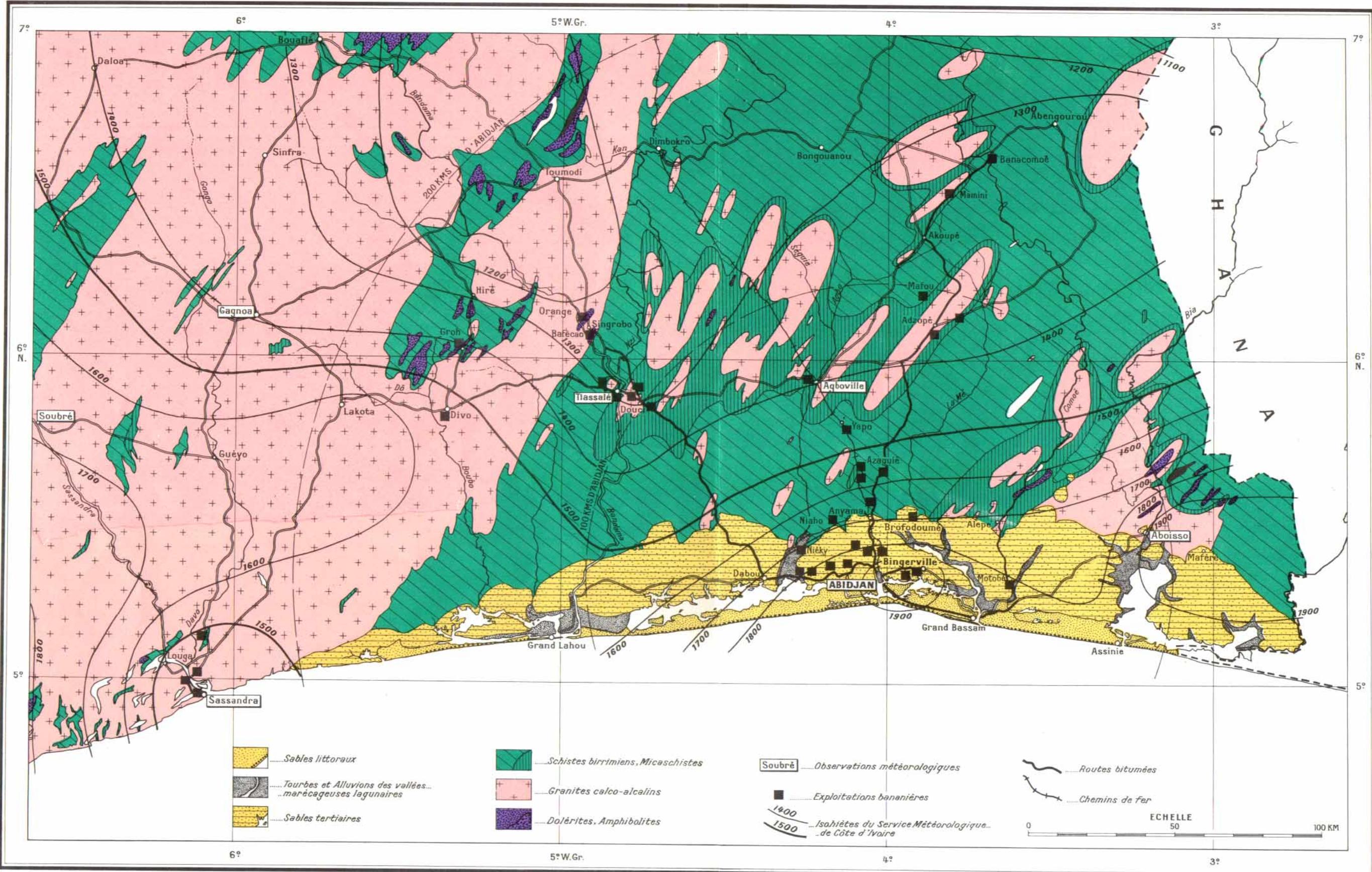
Les facteurs défavorables ont peu d'acuité dans cette région ; ils peuvent résider éventuellement : — dans un harmattan prolongé de 6 à 8 jours, amenant un fort abaissement de l'hygrométrie diurne et de la température ; — dans la présence d'une petite saison sèche anormale comme en 1958 s'étalant de juillet à octobre et provoquant un retard important dans la végétation.

En résumé, cette région naturelle est particulièrement favorable pour les productions continues étalées sur l'ensemble de l'année.

Tiassalé-Gagnoa-Agboville.

La pluviométrie est moins abondante dans ces trois régions forestières situées à la limite sud des savanes baoulées. Les moyennes enregistrées pour les trois postes d'Agboville, Tiassalé-Gagnoa sont respectivement de 1 379, 1 305 et 1 396 mm sur 27, 20 et 27 ans. Les écarts entre année sèche et année pluvieuse peuvent être assez grands :

SITUATION GÉOLOGIQUE ET CLIMATIQUE DES PRINCIPALES EXPLOITATIONS BANANIÈRES DE CÔTE D'IVOIRE



Gagnoa : 783 à 1 789 mm ;
Tiassalé : 978 à 2 204 mm ;
Agboville : 943 à 2 102 mm.

Les possibilités de mois secs ou très secs sont situées en décembre, janvier, février, juillet et août pour Agboville, novembre à février, juillet et août pour Tiassalé, décembre à février, juillet et août pour Gagnoa. Les risques de sécheresse totale sont importants en janvier-février, alors qu'en juillet-août, malgré un arrêt des pluies l'hygrométrie peut semaintenir à de fortes valeurs.

Au-dessous d'une certaine pluviométrie, suffisante pour le bananier et que l'on peut estimer à 1 300/1 400 mm, la durée des mois secs conditionne essentiellement la végétation du bananier et sa fructification. Les réserves d'eau du sol peuvent assurer une alimentation suffisante de la plante pendant 1 à 2 mois après les dernières pluies, si l'insolation n'est pas trop violente.

Au-delà, l'irrigation du bananier s'impose. La réussite de la culture bananière dans les régions de Agboville, Tiassalé et Gagnoa repose donc sur des aléas climatiques. Le pourcentage d'années naturellement favorables est plus réduit que dans la région climatique d'Abidjan-Aboisso.

La variation de *températures* est plus forte que dans la zone forestière littorale :

maximum moyen mensuel	:	33°4 à 28°6
minimum —	:	22°2 à 20°7
extrêmes absolu	:	11 et 37°6.

Variations de l'hygrométrie :

maximum moyen mensuel	:	97 et 98 %
minimum —	:	54 et 71 %
minimum absolu	:	22 % en janvier 12 à 16 % en novembre-février.

Les vents peuvent être assez violents au début des saisons pluvieuses (mars-avril et octobre-novembre). Dans la région de Tiassalé-Gagnoa, ils sont subits, violents et de très courte durée. En général le vent cause peu de dégâts aux bananiers surtout dans les secteurs où une protection forestière a été maintenue autour des plantations.

Les vents de Côte d'Ivoire ne peuvent être comparés en intensité et en durée avec ceux des Antilles.

Sassandra.

Le poste climatique situé en bordure de mer révèle une pluviométrie comparable à celle de Gagnoa et Agboville : 1 425 mm. Mais faute de données météorologiques, il semble que les conditions climatiques Nord-Sassandra, dans l'intérieur de la zone forestière, soient plus humides, se rattachant nettement à la région Ouest et soient intermédiaires entre Tabou-Tai et Gagnoa. A Soubré, la pluviométrie est déjà plus élevée, 1 617 mm et les variations extrêmes observées sur 10 ans seulement sont de 1 234 et 2 421 mm. Les mois secs sont répartis sur décembre-janvier et février (¹).

Variations du nombre de jours de pluie.

	MOYENNE ANNUELLE	VARIATIONS
Abidjan	150	120 à 180
Agboville	112	89 à 176
Tiassalé	83	50 à 120
Gagnoa	98	50 à 161
Sassandra	85	
Soubré	110	85 à 139

Nombre d'années avec pluviosité nulle en décembre et janvier.

	DÉCEMBRE	JANVIER
Abidjan	0	3 (sur 18 ans)
Agboville	0	5 (sur 27 ans)
Tiassalé	2	6 (sur 20 ans)
Gagnoa	3	3 (sur 27 ans)

(suivant A. Loué).

(¹) Résultats météorologiques extraits du rapport de A. CHABRA. « Étude climatologique provisoire de la Côte d'Ivoire » décembre 1955 et de la publication de A. LOUÉ « Nutrition minérale du cafier en Côte d'Ivoire » 1957.

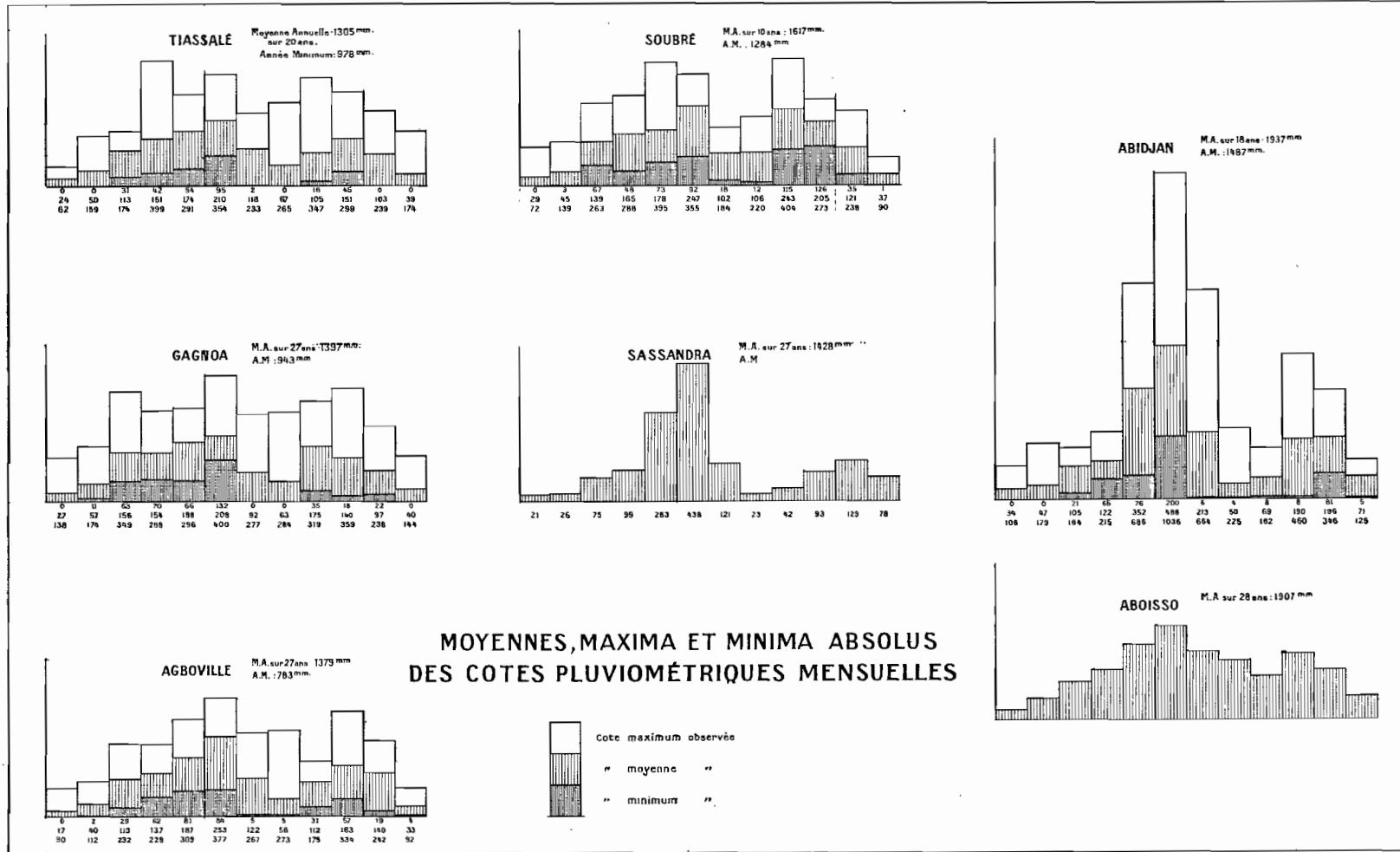
2. LES SOLS

Morphologie et caractères généraux physico-chimiques

L'ensemble de la zone d'exploitation bananière se trouve soumise à des conditions climatiques forestières, déterminant une altération de type ferrallitique pour

les sols de plateaux sur schistes, granites et roches basiques.

Les matériaux ferrallitiques accumulés par l'action



des eaux dans les zones basses : fonds de vallées, bordures lagunaires, terrasses fluviatiles récentes, évoluent par contre sous l'influence de conditions hydromorphes conduisant à un lessivage du sol et à une accumulation superficielle de matières organiques (terres humifères marécageuses), parfois très profondes (tourbes forestières de l'Agnébi).

Sur les zones sableuses des plateaux tertiaires (sables néogènes), l'évolution des sols est surtout orientée vers un lessivage profond de type ferrugineux tropical.

Les conséquences de l'évolution primaire ferrallitique du lessivage et de l'hydromorphie, sur les propriétés physico-chimiques des sols seront analysées pour les différentes régions géologiques.

A. SOLS SUR SCHISTES BIRRIMIENS

Les secteurs bananiers d'Azaguié et d'Agboville représentent la zone d'extension maximum des bananeraies sur socle schisteux. La roche-mère est un schiste du type arkosique, ou parfois un schiste argileux bariolé, riche en silice et filons de quartz.

Composition chimique des roches schisteuses.

	SCHISTE ARKOSIQUE	SCHISTE ARGILEUX BARIOLÉ
SiO ₂	59,03	75,39
Al ₂ O ₃	20,26	9,66
Fe ₂ O ₃	7,20	5,90
TiO ₂	0,93	0,52
MnO ₂	0,004	0,006
P ₂ O ₅	0,11	0,12
CaO.	0,22	0,27
MgO	0,70	0,90
K ₂ O	4,30	1,59
Na ₂ O.	0,91	2,14
Perte au feu	5,14	1,90

(Analyses de l'I. D. E. R. T., Bondy).

N. B. : Ces roches sont pauvres en feldspaths et plagioclases, à dominance potassique dans la première roche, sodique dans la seconde. La proportion de CaO et MgO est faible.

Les sols ferrallitiques de plateaux et pentes sont moyennement « profonds », caractérisés par un horizon superficiel sableux à sablo-argileux, de 10 à 40 cm, de teinte ocre jaune clair ou ocre rosé, surmontant un horizon parfois très caillouteux (éléments désagrégés

de quartz filonien, plus ou moins rubéfié ; quelques concrétions ferrugineuses).

Les horizons sous-jacents sont constitués par de l'argile tachetée (ocre jaune, ocre rouge et gris-blanc) et de la roche-mère altérée, se présentant sous l'aspect d'un schiste sériciteux très friable, bariolé ocre jaune ou violacé. Les affleurements de roche saine sont rares et se trouvent le plus souvent dans le fond de thalwegs étroits (Azaguié-IFAC).

Les bas de pente et les thalwegs sont par contre occupés par des sols plus « profonds », plus homogènes, constitués par des éléments fins colluvionnés. Les éléments quartzeux grossiers, lorsqu'ils existent sont en général assez profonds (vers 1 m.). La texture est sableuse fine ou sablo-argileuse. Ces sols subissent un engorgement hydromorphique temporaire ou prolongé, en profondeur et en surface, soit par les eaux de la nappe phréatique peu profonde (moins de 1 m), soit par l'excès d'eau des grandes chutes de pluies.

Dans ces régions schisteuses, les différences d'altitudes entre plateaux et thalwegs sont faibles, mais le relief est très tourmenté, avec des pentes raides.

Les vallées sont souvent très étroites amenant des conditions difficiles d'exploitation. Les vallées larges (200 à 300 m) sont rares. Les bas-fonds nécessitent d'importants travaux de drainage.

Nous donnerons la description morphologique et les variations des caractères physico-chimiques de quelques sols de plateau et bas-fond de la zone schisteuse.

1. Morphologie des profils.

a) Plateau et haut de pente.

Profil W.S. 3 (plantation Walter-Schalterer, Azaguié, carré Biénamé).

0-3 cm : gris-brun, humifère, sablo-argileux, graviers de quartz dispersés en surface.

3-40 cm : ocre jaunâtre, argilo-sableux, graviers quartzeux.

40-80 cm : tacheté brun-rouge, ocre, gris-blanc, argilo-limoneux.

à 80 cm : éléments schisteux altérés, violacés.

Profil B. R. 1 (plantation S. G. A. C., Brun au Téké).

0-15 cm : brun humifère, sablo-argileux grumeleux.

15-40 cm : brun ocre rosé, argilo-sableux.

40-60 cm : tacheté ocre et rouge, argilo-sableux, quelques graviers de quartz.

à 60 cm : niveau très compact de quartz.

b) Bas de pente.

Profil DUV. 2 (plantation Duvernet, Azaguié).

0-10 cm : gris-brun humifère, sablo-limoneux.

10-50 cm : tacheté gris, ocre et rouille, sablo-argileux fin frais.

	Sols de plateau et haut de pente sur schistes						Sols de bas de pente sur schistes						Sols de bas-fonds (colluvions) en zone scisteuse						Sols de bas fonds (alluvions) en zone schisteuse			
	Profil W.S.3.			Profil B.R.1			Profil DUV.2			Profil NH.1			Profil WS.5			Profil ST.6			Profil NH.6		Profil GEL.1	
ANALYSE PHYSIQUE																						
Profondeur	0/15	15/40	90/100	0/15	40/60	0/10	30/50	0/10	30/40	60/70	0/15	40/60	0/15	50/60	100/110	0/10	30/40	0/15	50/60			
Refus 2 m/m	19,7	30,8	2,0	3,1	6,7	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	24,1	0	0	0	0	0	0	0
Argile	25,5	36,2	52,2	25,2	32,2	15,0	23,7	17,0	22,7	24,7	7,0	7,5	11,0	15,0	19,7	9,7	11,5	14,0	18,5			
Limon	13,0	9,7	24,7	12,5	11,5	19,0	22,2	11,0	5,5	9,0	13,5	14,7	12,2	15,0	10,5	7,5	7,2	13,5	13,5			
Sable fin	32,8	24,8	13,8	35,2	30,3	51,9	43,7	46,3	48,4	44,5	59,6	60,3	42,1	39,9	26,7	65,6	68,0	65,0	62,2			
Sable grossier	23,7	26,5	6,6	19,7	22,2	11,2	9,1	22,5	99,2	20,8	19,2	20,5	30,9	29,5	42,0	15,1	12,1	6,4	5,2			
Matière organique	2,5			3,4		2,1		2,6			2,0		2,4			3,1		1,1				
Carbone %	1,484			2,015		1,282		1,559			1,191		1,429			1,858		0,646				
Azote %	0,127			0,161		0,129		0,128			0,101		0,122			0,157		0,067				
C/N	11,6			12,5		9,9		12,1			11,8		11,7			11,8		9,6				
pH	5,68	4,77	4,60	4,51	4,36	4,56	5,09	5,40	4,82	4,66	6,30	4,86	4,55	4,68	4,89	5,25	4,80	4,55	4,82			
ANALYSE CHIMIQUE																						
Bases échangeables (mEq %)																						
Ca O	4,44	2,02	1,48	4,66	1,26	1,56	1,00	4,48	1,46	1,16	4,76	0,92	2,92	0,92	1,56	1,60	0,98	1,36	1,20			
Mg O	1,34	0,70	0,60	0,81	0,40	0,48	0,64	0,64	0,34	0,30	1,39	0,26	0,59	0,30	0,44	0,44	0,12	0,28	0,28			
K2 O	0,26	0,29	0,17	0,65	0,12	0,14	0,04	0,24	0,07	0,08	0,65	0,74	0,27	0,15	0,15	0,08	0,04	0,07	0,05			
Na2 O	0,02	0,04	0,01	0,06	0	0,02	0,04	0,05	0,05	0,03	0,01	0	0,14	0	0	0,01	0,03	0	0			
Somme	6,06	3,05	2,26	6,18	1,78	2,20	1,72	5,61	1,92	1,57	6,81	1,92	3,92	1,37	2,15	2,13	1,17	1,71	1,53			
Acide phosphorique (o/o)																						
Total	1,134			1,027		0,360		0,854			0,905		0,918			0,347		0,241				
Assimilable	0,239			0,332		0,045		0,102			0,551		0,500			0,023		0,039				

50-80 cm : gris clair, argilo-sableux, graviers de quartz blanc, très humide.

Profil NH 1 (plantation du Niaho).

0-10 cm : gris-brun organique, sablo-limoneux, grumeleux fin.

10-40 cm : tacheté ocre et rouge, sablo-argileux, plus compact, petites concrétions noirâtres (Mn).

40-70 cm : tacheté gris, ocre et rouge, plus argileux, frais ; quelques graviers de quartz.

c) Bas-fonds : vallée étroite, sol sur alluvions.

Profil W. S. 5 (plantation Walter-Schalterer à Azaguié, carré Salifou).

0-5 cm : gris foncé, sableux, humifère.

5-20 cm : gris-beige clair, quelques traces rouille, sableux.

20-60 cm : gris clair, traces ocres très diffuses, sableux à sablo-argileux.

A 60 cm : gris clair, très sableux, humide.

Profil S. T. 6 (plantation Sainte Thérèse à Azaguié, carré II).

0-10 cm : gris-beige, sableux, humifère.

10-70 cm : tacheté gris et ocre rouille, sablo-argileux. Vers 70 cm : gris clair et taches rouille et ocre rouge, argilo-sableux grossier.

Vers 100 cm : graviers quartzeux, argileux et sables grossiers.

Vallée large : sol sur alluvions.

Profil N. H. 6 (plantation du Niaho, sous forêt récemment débroussée).

0-4 cm : gris foncé, sableux fin, humifère, légèrement grumeleux.

4-70 cm : gris-beige, sableux à sablo-limoneux frais.

Profil GEL. 1 (plantation Gelin, Agboville, carré II).

0-20 cm : gris foncé, sableux à sablo-argileux.

20-50 cm : gris-beige, sablo-argileux.

50-60 cm : gris clair, avec traînées ocre sec.

Dans les sols de bas de pente, le caractère hydro-morphe est seulement marqué en profondeur.

Dans les sols de vallées étroites, l'hydromorphie est élevée dès la surface et se manifeste par l'apparition d'un horizon de Gley, humide, à très faible profondeur.

Dans les sols de vallées plus larges sur alluvions, les caractères hydromorphes de surface sont moins accusés par suite de la profondeur souvent plus grande de la nappe phréatique.

2. Caractères physico-chimiques.

A la surface du sol (0-10 cm), la texture minérale représente un caractère permanent qui risque peu d'être modifié par la culture du bananier (sauf dans le cas de violents phénomènes d'érosion par ruissellement, rares dans les bananeraies), alors que les autres caractères : structure, teneur en matière organique et éléments chimiques, pH, ont pu subir d'importantes modifications, indiquant une amélioration ou une dégradation du sol.

Les horizons de profondeur (dès 30 cm) ont des caractéristiques plus stables et comparables à celles des anciens sols forestiers. Quelques prélèvements de sols sous forêt, ou en zone en voie de déforestation, pourront nous servir de témoins pour juger ces modifications.

Les variations de caractères dans les différents profils seront données pour l'horizon de surface 0/15, dont l'influence est déterminante dans la fertilité des sols de bananeraies et pour l'horizon sous-jacent de 30 à 50 cm, dont les caractères physiques (principalement texture, structure, perméabilité) peuvent influencer favorablement ou défavorablement les bonnes conditions de fertilité du sol superficiel.

a) Sols de plateau et pente.

Les résultats analytiques portent sur 16 profils de plantation et 2 profils sous forêt.

L'horizon superficiel est parfois très caillouteux principalement sur les pentes, mais en général le refus à 2 mm ne dépasse pas 20 %. La terre fine a une texture assez constante et les différentes fractions présentent les limites suivantes :

Argile : 12 à 25 % (moyenne 18).

Limon : 5 à 13 % (moyenne 8).

Sable fin : 32 à 49 % (moyenne 42).

Sable grossier : 17 à 34 % (moyenne 24).

Dans l'horizon profond (30 à 50 cm), la partie graveleuse est souvent plus importante; jusqu'à 55 %, et la texture est plus argileuse ; teneur en argile de 19 à 36 % (moyenne 27).

La teneur en matière organique totale varie de 1,7 à 4 %, mais les valeurs les plus fréquemment observées sont de l'ordre de 1,7 à 2,5 %, comme la plupart des sols de forêt non dégradés. Le rapport C/N de la matière organique est de l'ordre de 8 à 12. La teneur en azote total est pratiquement de 0,1 à 0,15 % (moyenne 0,144 %). Les sols sous forêt sont inclus dans ces limites (0,122 et 0,128).

Le pH est nettement acide : variation de 4,1 à 6,2 en surface (moyenne 5,1). La culture a provoqué en général une élévation sensible du pH superficiel (apports minéraux). Les sols forestiers sont les plus acides (4,1 et 4,4). En profondeur (30-50), le pH varie peu et est comparable en forêt et en plantation : 4 à 4,9 ; moyenne 4,5.

En surface, la teneur en bases échangeables peut présenter d'assez fortes variations suivant l'importance des apports antérieurs d'amendements et engrangis. Alors que les sols forestiers typiques ont une teneur faible en bases échangeables totales (1,71 et

1,68 méq. %), dans les sols cultivés, elle peut atteindre plus de 8 méq. %.

Mais les équilibres de cations Ca, Mg et K ont changé : les efforts de fumures ayant porté souvent sur les engrangis phosphocalciques et potassiques, il semble que dans la plupart des plantations, le déséquilibre se soit accusé pour le Magnésium, par rapport à CaO, K₂O et la somme totale des bases échangeables.

	CaO/MgO	MgO/K ₂ O	S/MgO
Sols forestiers.	0,9 et 3,1	8 et 16	4,2 et 2
Sols cultivés..	2,8 à 6,7	1,2 à 5,5	4,0 à 8,6

Ce déséquilibre a provoqué dans certains cas l'apparition de maladies de carence (bleu), en particulier dans les sols (—) DUV 1 et B. L. 2 où le rapport Ca/Mg est élevé : 6,3 et 6,4.

La teneur en CaO varie de 0,8 à 5,66 méq. %.

La teneur en MgO varie de 0,4 à 1,78 méq. %.

La teneur en K₂O, très faible dans les sols sous forêt (0,05 méq. %) a été considérablement accrue dans les plantations : 0,09 à 1,10 méq. %.

La proportion de Na₂O est excessivement faible dans tous les sols.

Dans le sous-sol (30 à 50 cm) l'apport des fumures minérales est déjà peu sensible sur la composition chimique du sol et nous retrouvons les valeurs voisines de celles des sols sous forêt. La somme des bases échangeables varie de 1,30 à 3,05 (moyenne de 2,0 méq. %).

La teneur superficielle en phosphore est faible dans les sols sous forêt : 0,23 et 0,36 % de P₂O₅ total ; 0,045 et 0,058 % de P₂O₅ assimilable.

Elle a été considérablement améliorée dans les sols de plantations :

0,310 à 1,100 % de P₂O₅ total

0,080 à 0,510 % de P₂O₅ assimilable.

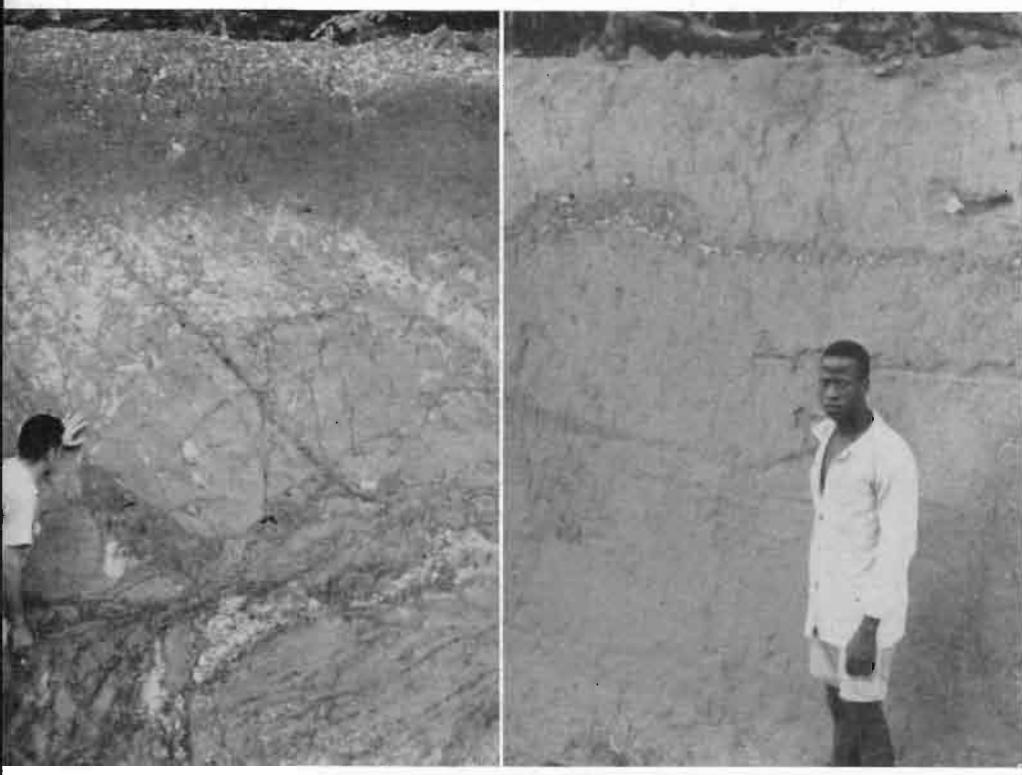
Le rapport N/P₂O₅, ayant tendance à présenter des valeurs élevées sous forêt (3 à 6), a été fortement abaissé dans les plantations, à des valeurs comprises entre 1 et 2.

b) Sols de bas-fonds et bas de pente.

Entre sols de bas de pente, sols de vallées étroites et sols de vallées larges, les caractéristiques texturales varient peu. Dans les sols de vallées étroites, nous pouvons signaler la présence fréquente d'horizons de gravières quartzeux à une profondeur de 40 à 70 cm.

Dans les sols sur alluvions et de bas de pente, la portion graveleuse est pratiquement inexisteante.

En surface, pour l'ensemble de 33 profils de sols, les fractions argileuse, limoneuse et sableuse varient dans les proportions suivantes :



PHOTOS I. — A gauche : sols sur schistes (région d'Azaguié-Yapo). Ci-contre : alluvions sur zone schisteuse avec graviers alluviaux (région de la Comoé) (Photo Leneuf.)

— argile : 6 à 33 % (moyenne de 11 %);
 — limon : 3 à 19 % (moyenne de 10 %);
 — sable fin : 39 à 69 % (moyenne de 55 %);
 — sable grossier : 2 à 34 % (moyenne de 17 %).
 En profondeur (30-40), la fraction argileuse augmente sensiblement :
 — argile : 4 à 43 % (moyenne de 14 %);
 — limon : 5 à 22 % (moyenne de 10 %);
 — sable fin : 28 à 72 % (moyenne de 55 %);
 — sable grossier : 2 à 35 % (moyenne de 13 %).
 Les sols de bas-fonds ont en moyenne une texture sablo-limoneuse très homogène.

La teneur en matière organique totale varie de 1,4 à 3,1 % (moyenne de 2,1 %). Le rapport C/N a une échelle de variation plus étalée que dans les sols de plateaux (8 à 15,7) mais la majorité des valeurs est cependant groupée de 9 à 12 ; les teneurs en azote total varient de 0,067 à 0,181 (moyenne de 0,115 %). Des valeurs élevées s'observent dans les sols sous forêt ou récemment débroussés, ainsi que dans les plantations anciennes ($N > 0,15\%$).

Quelques valeurs faibles ($N < 0,1\%$ dans certaines plantations) sans relation apparente avec des baisses de rendement.

Le ρH présente des variations très importantes (3,8 à 7,5, moyenne de 5,4), mais la plupart des valeurs

sont groupées de 4,5 à 5,5. Les chiffres les plus élevés sont observés sur de vieilles plantations (plus de 20 ans) fortement enrichies en CaO. Signalons une valeur très basse du ρH (3,8) sous forêt, en zone très sableuse et chimiquement pauvre.

En profondeur, le ρH a de plus larges variations que dans les sols de plateau ; il est en général moins acide : variations de 4,5 à 7,8 (moyenne de 5,8). Ce phénomène semble en relation avec une migration profonde des fumures minérales de surface (voir bases échangeables).

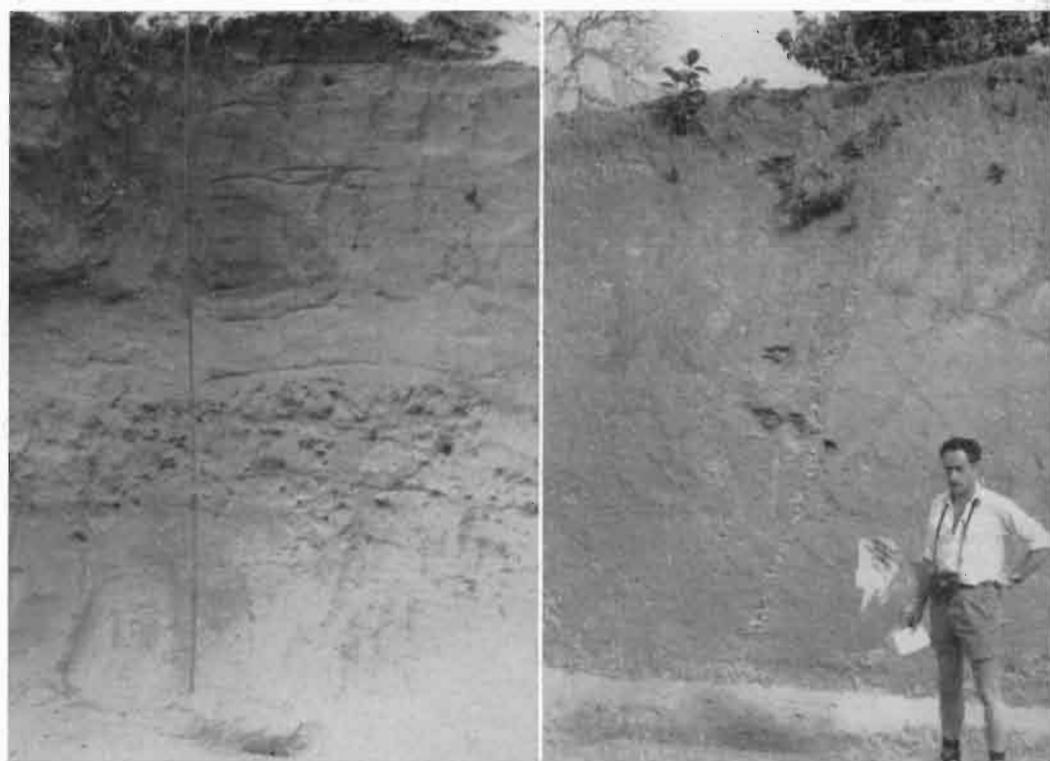
La somme des bases échangeables présente en surface de fortes variations :

— faible à moyenement faible dans certains sols sous forêt (0,97, 1,07, 1,44 et 2,13 méq. %) avec un rapport CaO/MgO de l'ordre de 3 à 4 et une teneur en K₂O très faible, 0,05 à 0,08 méq. %;

— de plus en plus élevée dans les sols de plantation suivant leur ancienneté d'exploitation et les apports minéraux fournis, 1,77 à 14,77 méq.

CaO est toujours le cation dominant. Par contre le rapport CaO/MgO présente de plus fortes variations qu'en forêt (1 à 8), mais les valeurs sont fréquemment abaissées entre 1 et 3 par suite d'apports importants de chaux magnésienne.

Le rapport MgO/K₂O présente également de fortes



PHOTOS — 2. *A droite*: sols ferrallitiques sur granite à muscovite, traversé de filons de pegmatite (région d'Agboville) *Ci-contre*: sols de bas de pente sur colluvions sableuses d'origine granitique (région de Divo).
(Photo Lenenf.)

variations, 0,5 à 21. Les valeurs les plus faibles, 0,5 et 0,7 (profils NH 4 et 5), sont observées dans une plantation très productive. Des valeurs élevées (15) peuvent être observées dans les bas-fonds de mauvaise fertilité (MAF. 1, AGU 4), plus ou moins stériles (BR 2).

Le rapport S/MgO présente des valeurs groupées de 2 à 6, à l'exception des 2 profils (NH 4 et 5) où ce rapport atteint 8 et 11 (en relation probable avec un fort apport de fumures organiques par des coques de cafés, 40 t/ha ?).

Pour l'ensemble des sols de plantations, en surface, la teneur en CaO varie de 1,36 à 10,75 méq. % ;

la teneur en MgO varie de 0,30 à 2,66 méq. % ;

la teneur en K₂O varie de 0,05 à 0,85 méq. %.

En profondeur, les sols de bas-fonds présentent une somme des bases échangeables parfois importante, en relation directe avec la richesse chimique de l'horizon superficiel : variation de 1,26 à 5,80 méq. % (moyenne de 2,49 méq. %). Ce fait peut expliquer, dans ces sols sableux à faible pouvoir tampon, les valeurs relativement élevées du pH à 30/50 cm de profondeur. Un certain enrichissement en bases se ferait au niveau de la nappe phréatique temporaire.

La teneur en P₂O₅ est faible sous forêt :

0,2 à 0,3 % de P₂O₅ total ;

0,023 à 0,058 % de P₂O₅ assimilable.

Sous plantations, l'enrichissement par scories a donné des valeurs assez élevées : maximum de 0,9 à 1 % dans les cultures les plus anciennes. La proportion de P₂O₅ assimilable devient aussi très élevée (0,2 à 0,5 %).

Le rapport N/P₂O₅ a des valeurs réparties surtout entre 1 et 3, légèrement plus élevées sous forêt (3 à 4), exceptionnel de 7,8 dans des bas-fonds plus ou moins stériles.

B. SOLS SUR GRANITES

Les sols de bananeraies sur granites sont représentés dans deux secteurs principaux, situés l'un au Nord de Sassandra, l'autre au Nord d'Akoupé (Mamini).

Quelques petites plantations récentes existent également dans la région de Ndouci (Basile). Du fait de conditions climatiques moins pluvieuses dans les régions de Ndouci et Akoupé, les sols ferrallitiques formés sur plateau sont moins lessivés, alors que les sols de la région nord de Sassandra ont un degré de lessivage se rapprochant de celui des sols d'Azaguié.

La roche-mère granitique est représentée dans la région de Sassandra par des *migmatites*. Dans la région d'Akoupé et de N'Douci, ce sont des *granites calco-alcalins à biotite*, ou à *biotite et muscovite*. Certaines

plantations voisines d'Adzopé sont par contre situées sur des *granites calco-alcalins à muscovite* très leucocrates. Nous jugeons utile de donner dans un tableau la constitution minéralogique type de quelques-unes de ces roches.

Nous ne connaissons pas encore de bananeraies installées sur sols ferrallitiques issus de granodiorites. Il est à peu près certain qu'une extension se fera dans un avenir proche sur de tels sols dans les régions Nord-Divo et de la Bia (Nord d'Aboisso). Ces roches donnent en général des sols dont les caractères physico-chimiques se rapprochent de ceux issus de l'altération de roches basiques ou de gneiss riches en amphiboles.

Constitution minéralogique.

1. — *Migmatite* (5 km N de Sassandra).

— quartz	— épидote
— plagioclases	— sphène
— microcline	— zircons
— biotite	— apatite
— hornblende verte	

2. — *Granite à biotite* (roche Divo-Tiassalé).

— quartz	— apatite
— microcline	— calcite
— plagioclases	— épидote
— biotite avec pennine	— muscovite rare
— sphène	

3. *Granite à biotite et muscovite* (carrière de l'Akébédia).

— quartz	— épидote
— plagioclases	— zoïsite
— microcline	— sphène
— muscovite	— calcite
— pennine	— apatite
— biotite	

4. *Granite à muscovite* (Divo-Tiassalé).

— quartz	— épidote
— plagioclases	— chlorite
— microcline	

5. *Granodiorite* (Hiré).

— quartz	— sphène
— plagioclases	— apatite
— biotite	— zircons
— épидote	— chlorite (pennine)
— hornblende dverte	

Composition chimique.

	GRANITES A BIOTITE (Divo)	GRANITES A DEUX MICAS (AKEBE- FIA)	GRANO- DIORITE
SiO ₂	71,64	71,53	65,69
Al ₂ O ₃	13,30	11,42	12,00
Fe ₂ O ₃	2,90	1,40	10,05
TiO ₂	0,29	0,20	0,54
MnO ₂	0,01	0,01	0,02
P ₂ O ₅	0,16	0,18	0,36
CaO	2,33	1,18	4,38
MgO	0,70	0,5	1,90
K ₂ O	2,42	4,12	1,59
Na ₂ O	4,90	5,1	4,40

(Analyses de l'IDERT-Bondy.)

Les profils prélevés sont en nombre plus restreint que dans la zone schisteuse, par suite de la moindre extension des plantations. Ce sont surtout des sols de plateaux ; des termes de comparaison ont été pris dans les parcelles forestières voisines.

Morphologie des profils.

L'étude morphologique de ces sols montre en général une répartition des horizons assez voisine de ceux de la zone schisteuse, et il est quelquefois difficile en l'absence d'affleurements de roche-mère de distinguer nettement les sols ferrallitiques sur granites ou sur birimien schisteux. Cependant la fraction graveleuse est souvent moins importante par suite d'une densité moins grande des filonnets de quartz dans la roche-mère. Sous un horizon humifère brun, la teinte générale du sol peut être ocre beige clair ou ocre rouge suivant la richesse initiale de la roche-mère en éléments minéraux ferromagnésiens.

Les sols issus de migmatites riches en biotite ont des teintes brun-rouge foncé particulièrement accusées, alors que les granites à muscovite d'Adzopé donnent des teintes pédologiques très claires (beige rosé). La zone d'altération de la roche peut être très profonde et la couche d'argile tachetée est souvent épaisse de plusieurs mètres.

En général un profil complet se présente de haut en bas :

- un horizon sableux à sablo-argileux gris-brun (0 à 15) ;
- un horizon sablo-argileux ocre jaune ou ocre rouge, avec quelques éléments grossiers de 10 à 50 cm environ ;

— un niveau graveleux (quartz et petites concrétions) ;

— un horizon d'argile tachetée (ocre rouge, gris-blanc et rouille) qui surmonte la roche altérée en place.

La couche d'argile tachetée est mieux caractérisée que dans les sols sur schistes.

Nous donnerons ci-après la description de la partie superficielle de sols de plateau situés sous forêt et sous plantations.

Sols sous forêt.

Profil MM. 7 (plantation de Mamini-Akoupé).

0-15 cm : brun-rouge foncé, sablo-argileux, litière végétale sur 2 cm environ, légèrement humifère.

15-20 cm : brun-rouge, argilo-sableux.

Profil LK 4 (nord de Sassandra, route Lakota).

0-5 cm : brun-noir, organique, sablo-argileux, structure grumeleuse.

5-10 cm : gris-blanc, sablo-argileux, petites concréctions ferrugineuses vernissées.

10-40 cm : brun-jaune, quelques taches rouges, argileux, structure polyédrique.

40-100 cm : id^o, avec taches rouges plus denses.

à 100 cm : roche granitique très altérée.

Sols de plantations.

Profil MM. 6 (plantation de Mamini-Akoupé).

0-10 cm : gris-brun sablo-argileux légèrement humifère.

10-30 cm : brun ocre rosé, argilo-sableux.

30-50 cm : brun argilo-sableux.

Profil BOS. 3 (plantation Bossard, nord de Sassandra).

0-8 cm : gris, sablo-argileux, peu humifère.

8-30 cm : gris, ocre, sablo-argileux.

30-60 cm : ocre, argilo-sableux, quelques petites concréctions ferrugineuses.

Caractères physico-chimiques.

Les prélèvements effectués viennent de trois plantations où aucun apport minéral n'a été fait pendant la durée de l'exploitation. Aussi, les modifications subies par les sols d'origine viennent essentiellement du fait de l'installation de la culture bananière.

La fraction graveleuse est très réduite en surface (moins de 6 %), mais peut être plus importante vers 30/50 cm dans certains sols sur forte pente (30 à 40 %). Les différentes fractions de la terre fine peuvent varier ainsi :

- argile : 11 à 39 % (moyenne de 23 %) ;
- limon : 4 à 11 % (moyenne de 6 %) ;
- sable fin : 23 à 58 % (moyenne de 43 %) ;
- sable grossier : 13 à 56 % (moyenne de 21 %).

Les sols de plateaux sur granites à biotite et sur migmatites ont une texture plus argileuse que les sols sur schistes arkosiques.

En profondeur, la fraction argileuse devient nettement plus importante.

— argile : 21 à 43 % (moyenne de 31 %) ;

— limon : 3 à 11 % (moyenne de 9 %) ;

— sable fin : 20 à 44 % (moyenne de 47 %) ;

— sable grossier : 10 à 35 % (moyenne de 13 %).

Dans les sols prélevés, la teneur en matière organique est relativement faible 0,9 à 2,7 % (moyenne de 1,8). Ce fait tient probablement à l'absence de paillage dans ces plantations depuis leur exploitation. Le sol sous forêt (MM7) présente l'une des valeurs les plus élevées (2,3 %). Le rapport C/N est bas dans l'ensemble ; il varie pour 9 profils de 6,4 à 10,5, indiquant une évolution très satisfaisante de la matière organique. D'ailleurs, les teneurs en azote total sont assez élevées et varient de 0,086 à 0,148 % (moyenne de 0,117 %). Les sols sous forêt présentent les teneurs maxima en azote.

De la situation géographique des sols de N'Douci et Akoupé, en zone climatique moins pluvieuse, résulte un lessivage moins accentué qui se traduit par une somme de bases échangeables et un ρH plus élevés.

En surface, le ρH varie de 4,4 à 7,9, mais la plupart des valeurs se répartissent entre 5 et 6. Deux valeurs de 7 sont en rapport avec une teneur exceptionnelle en bases échangeables. En profondeur, le ρH est légèrement plus acide : 4,3 à 6,3 et les valeurs sont surtout réparties entre 4,5 et 6.

La somme totale des bases échangeables varie de 1,88 à 21,49 méq. % ; valeurs très élevées pour certains profils de Mamini bien qu'ils n'aient pas reçu de fumures minérales. La valeur moyenne de 5 des prélèvements de surface se situe entre 5 et 7 méq. % pour N'Douci-Akoupé et seulement vers 2 méq. % pour la région de Sassandra.

Les valeurs de 15 et 21 méq. % à Mamini sont exceptionnelles et peuvent être mises en relation soit avec la présence d'anciens sites de villages, soit avec des affleurements restreints de filons de roche basique (amphibolites). Ces deux sols ainsi pourvus en bases présentent les ρH les plus élevés (7,0 et 7,9).

Comment s'équilibrivent les cations ? Le rapport CaO/MgO a des variations réduites (1,8 à 4,8). Le rapport MgO/K₂O présente des valeurs élevées s'étalant jusqu'à 8 et 19 ; 2 valeurs faibles révèlent des sols mieux pourvus en potasse.

Le rapport S/MgO est très constant et varie de 3 à 5,9.

Dans l'ensemble des prélèvements de surface :

	Sols sur granites de la Région Nord AKOUE et N'DOUGI								Sols sur granites de S'SANDRA				Sols sur granites - Bas-fonds de plantation		Sols rouges ferrallitiques sur roches basiques			
	M.M.6 (plantation)		B.A.S.1 (plantation)			M.M.7 (forêt)			L.K.4 (forêt)		B.O.S.3 (plantation)		B.O.S.1		IRO 86 plantations récentes		IRO 88 (forêt)	
ANALYSE PHYSIQUE																		
Profondeur	0/10	40/50	0/10	40/50	100/120	0/15	40/50	0/10	40	0/10	40/50	0/10	40/60	0/15	40/50	0/20	0/20	50/60
Refus	0	0	0	0	0	0	0	22,2	8,8	1,2	3,3	0	0	18,2	52,4	0	0,3	0,5
Argile	19,0	37,2	11,7	21,5	35,0	30,0	41,7	25,0	53,2	18,7	28,7	17,7	31,2	30,5	67,5	31,0	26,7	71,0
Limon	4,7	4,5	4,7	7,0	6,2	6,7	4,5	2,5	5,5	4,2	5,2	10,7	9,7	38,7	14,2	38,5	33,5	9,2
Sable fin	58,7	44,1	23,9	39,1	28,0	46,7	41,0	15,6	8,0	40,1	36,1	50,6	47,0	12,5	5,7	21,7	14,6	9,0
Sable grossier	15,3	12,4	56,6	31,4	27,2	13,5	11,3	55,3	31,7	37,1	30,0	20,5	13,3	12,5	12,2	8,3	9,9	6,7
Matière organique	1,6		1,5		2,3			1,5		0,9		2,4		8,8		3,5	3,5	
C %	0,989		0,914			1,356		0,894		0,551		1,445		5,229		2,172	2,480	
N %	0,122		0,087			0,148		0,078		0,086		0,144		0,380		0,264	0,345	
C/N	8,1		10,4			9,1		11,4		6,4		10		14,7		8,2	7,1	
pH	6,43	5,62	6,20	6,12	6,30	6,40	6,30	4,69	4,63	4,45	4,36	5,15	4,47	6,8	7,1	6,9	7,12	5,54
ANALYSE CHIMIQUE																		
Bases échangeables (mEq %)																		
Ca O	4,14	3,16	5,66	4,16	4,68	6,46	2,64	1,36	1,18	1,26	1,08	4,38	1,26	17,80	6,10	13,20	14,50	1,98
Mg O	2,24	2,60	1,16	1,76	4,04	1,33	2,32	0,60	0,70	0,54	0,36	1,46	2,46	7,34	0,40	6,41	6,32	1,52
K2 O	0,40	0,24	0,07	0,03	0,05	0,07	0,04	0,04	0,02	0,07	0,04	0,08	0,05	0,21	0,03	0,25	0,29	0,02
Na2 O	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,08	0,06	0,06	0,02	0,06
Somme	6,82	6,04	6,93	5,99	8,65	7,86	5,00	2,02	1,91	1,88	1,49	5,92	3,80	25,43	6,59	19,92	20,93	3,58
Acide phosphorique (‰)																		
Total	0,385		0,849	0,243		0,360		0,258		0,271		0,474		1,040		0,761	0,827	0,540
Assimilable	0,037					0,027				0,036								

la teneur en CaO varie de 1,26 à 17,2 mEq. % ;
la teneur en MgO varie de 0,54 à 4 mEq. % ;
la teneur en K₂O varie de 0,07 à 0,5 mEq. %.

Les sols sous forêt ou récemment débroussés présentent les valeurs minima en potasse échangeable (0,07 mEq. %).

La teneur en P₂O₅ total dans ces sols qui n'ont reçu aucune amélioration phosphatée est surtout moyenne à faible (variations de 0,84 à 0,27 ‰, moyenne de 0,529).

La proportion de P₂O₅ assimilable est toujours faible (0,027 à 0,064) à l'exception du profil MM 1 déjà très riche en bases et à pH basique où nous avons une valeur de 0,254 ‰.

Le rapport $\frac{\text{N total } \%}{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ total } \%}$ varie de 1,1 à 4,1 ; les valeurs les plus élevées sont dans les sols sous forêt ou zone récemment débroussées.

Nous n'avons relevé qu'un sol de plantation en *bas-fonds* de zone granitique, typique d'une bonne fertilité sur débrousslement forestier récent, et sans application d'engrais, ni paillage. Nous en donnerons la description morphologique et les caractères analytiques.

Profil BOS. 1 (plantation Bossard, Sassandra).

0-50 cm : gris sableux fin, humifère.

5-40 cm : ocre, sablo-argileux.

40 cm : taches grises très diffuses.

60-80 cm : tacheté ocre et brun rouille, argilo-sableux puis devient de plus en plus sableux et humide.

La texture est sablo-argileuse en surface (17 % d'argile) puis argileuse en profondeur (31 %). La teneur en matière organique est de l'ordre de 2,4 % avec un rapport C/N de 10. La teneur en azote total est bonne (0,144 %). Le pH, moyennement acide en surface (5,1) devient très acide à 30/50 (4,4). La somme des bases échangeables est de l'ordre de 6 mEq. % en surface : le rapport CaO/MgO est de 3 ; le rapport MgO/K₂O est très élevé (18) et devrait traduire un déséquilibre en potasse. En profondeur ce sol est assez bien pourvu en bases échangeables (3,8 mEq. %) avec une forte proportion de magnésium (rapport CaO/MgO de 0,4). La teneur en acide phosphorique total est moyenne : 0,47 ‰.

C. SOLS SUR ROCHES BASIQUES

Les sols de bananeraies sur roches basiques occupent encore une étendue assez restreinte. Jusqu'en 1957, ils étaient strictement localisés dans la région Nord de N'Douci (Plantations Orange à Singrobo et Bafacao à Brimbo). Depuis, l'installation de la coopérative de Groh dans la région Nord-Divo, et l'étude pédolo-

gique d'ensemble de cette région (Groh-Hiré-Iroporia-Tabo), devraient assurer une extension rapide des bananeraies sur les sols formés sur amphibolites, dolérites et granodiorites.

Dans cette étude, nous donnerons une documentation morphologique et analytique sur les sols de la Bafecao et de la Coopérative de Groh. La citation des sols de bananeraies de la plantation Orange se fera dans le chapitre sols sur alluvions dont ils en représentent un cas tout à fait particulier (alluvions sur roche basique altérée).

Les roches basiques du birrimien supérieur sont constituées le plus fréquemment :

- de dolérites,
- de roches « vertes » caractérisées par leur couleur et qui sont fréquemment des amphibolites, des schistes amphiboliques et des chloritoschistes, issus de la métamorphisation des roches basiques anciennes (microdiorites et microgabbros).

Nous donnerons ci-après la constitution minéralogique de quelques-unes de ces roches particulièrement riches en minéraux calco-magnésiens.

<i>Roche verte</i>	<i>Dolérite</i>
Actinote.	Hornblende verte (très abondante)
Chlorite.	Plagioclases très altérés
Épidote.	Quartz
Calcite.	
Quartz peu abondant.	

(Plaques minces de P. Picot 1957).

Constitution chimique.

CONSTITUTION CHIMIQUE	ROCHE VERTE	AMPHIBOLITE	DOLÉRITE
SiO ₂	64,53	54,56	49,78
Al ₂ O ₃	16,20	14,67	12,71
Fe ₂ O ₃	5,80	8,60	16,30
TiO ₂	0,71	0,78	1,66
MnO ₂	0,05	0,01	0,02
P ₂ O ₅	0,29	0,15	0,23
CaO.....	2,55	8,10	9,40
MgO	2,10	6,80	5,70
K ₂ O.....	1,36	0,31	0,54
Na ₂ O.....	2,63	3,30	3,20
Perte au feu.....	3,68	1,01	3,20

Morphologie des profils.

Les sols de la coopérative bananière de Groh sont constitués d'une part, de sols *ferrallitiques rouges*, *profonds, argileux*, dont le concrétionnement ferrugineux peut être plus ou moins dense, d'autre part, de sols

bruns ou brun-jaune, hydromorphes, dont l'évolution est liée à un processus d'hydromorphie pétrographique développé sur une altération récente de roches basiques.

Les sols de la Bafecao sont constitués également de sols ferrallitiques rouges assez concrétionnés, sur amphibolite et sur lesquels les bananeraies ont une faible extension; mais surtout de sols jaunes à hydromorphie mixte, formés sur des accumulations colluviales de matériaux altérés, de roches amphiboliques et schisteuses.

Sols rouges ferrallitiques.

Profil IRO 86 (coopérative de Groh, sur pente, plantation récente, 1957).

0-10 cm : brun foncé, argilo-limoneux, humifère, structure grumeleuse, concréctions ferrugineuses venant d'un apport latéral d'une cuirasse de butte.

10-70 cm : brun-rouge foncé, argileux, structure à tendance polyédrique, quelques concréctions ferrugineuses.

Profil Z. 8 (coopérative de Groh, sur pente et sous forêt non débroussée).

0-10 cm : brun foncé humifère, argilo-limoneux.

10-60 cm : brun-rouge foncé, argileux, pas de concréctions.

Sol hydromorphe « jaune » : concréctions (hydromorphie mixte).

Profil BAF. 1 (plantation Bafecao à Brimbo, topographie plane).

0-20 cm : gris-noir, sablo-argileux, humifère, sous litière organique, structure plus ou moins uniforme.

20-100 cm : gris beige et ocre, taches rouges, sablo-argileux légèrement compact.

100-150 cm : ocre jaune, argilo-sableux, oncrétions ferrugineuses rouille peu durcies.

à 150 cm : niveau de concréctions noirâtres (Mn) et graviers de quartz.

Sol hydromorphe brun (hydromorphie pétrographique).

Profil Z. 2 (coopérative de Groh, sous forêt, sur forte pente).

0-30 cm : brun foncé, argilo-organique, grumeleux.

30-60 cm : brun-jaune foncé ; argileux, débris de roche-mère doléritique en voie d'altération.

à 60 cm : dolérite massive.

Caractères physico-chimiques.

Sols rouges ferrallitiques.

Nos prélèvements portent essentiellement sur des sols sous forêt ou plantés en bananeraies dans le cours

de l'année 1957, mais n'ayant encore reçu aucun apport minéral, ni paillage.

Les sols ferrallitiques ont une texture argilo-limo-neuse très caractérisée en surface (25 à 50 % d'argile, 13 à 28 % de limon), puis nettement argileuse vers 30 à 40 cm (60 à 70 % d'argile, 10 à 15 % de limon). La fraction graveleuse (0 à 18 % de gravillons ferrugineux) varie suivant l'importance des apports latéraux venant du démantèlement de cuirasses topographiquement plus élevées (Iro 86 à Groh). La profondeur des horizons concrétionnés ou cuirassés est très variable ; elle sert en général de critère de base pour la cartographie des aptitudes culturelles des sols de 50/80 cm ; l'influence au-delà, du concrétonnement est très limitée sur la culture bananière.

La teneur en matière organique des sols sous forêt se situe en général entre 3,5 et 5 %. Le rapport C/N est peu élevé, au-dessous de 10 ; la teneur en azote total est de l'ordre de 0,25 à 0,35 %. Dans le cas du profil IRO 86, une litière végétale plus épaisse explique ce fort pourcentage de matière organique (8 %) ayant d'ailleurs un rapport C/N nettement plus élevé (14,5).

Le ρH superficiel est voisin de la neutralité : 6,4 à 7,1. La somme totale des bases échangeables est très élevée : 14 à 25 méq. %. Le calcium est le cation dominant ; le rapport CaO/MgO présente des valeurs très constantes se situant entre 2 et 4.

Les teneurs en K₂O sont moyennes, mais relativement faibles, (0,2 à 0,3 méq.) par rapport aux cations Ca et Mg, ce qui peut amener un certain déséquilibre en potasse (Rapport MgO/K₂O variant de 8 à 35).

La teneur en P₂O₅ total est importante dans l'horizon de surface et en relation avec la matière organique totale. La proportion de P₂O₅ assimilable est faible comme dans la plupart des sols sous forêt.

En profondeur, la somme des bases échangeables s'abaisse rapidement ; 3 à 6 méq. % vers 40 à 50 cm, puis 2 à 3 méq. vers 1 m. Le ρH s'abaisse aussi graduellement, faiblement acide vers 40/50 (5,5 à 6) puis nettement acide en profondeur dans les horizons désaturés en bases. La teneur en P₂O₅ total est faible dans les horizons profonds : 0,2 à 0,4 %.

Sols bruns, brun-jaune, à hydromorphie pétrographique.

Ces sols, constitués directement sur la zone d'altération des roches-mères basiques, présentent fréquemment une richesse chimique et organique exceptionnelle pour des sols tropicaux. Moyennement argileux en surface (35 à 40 % d'argile avec une forte fraction limoneuse), ils ont un pourcentage élevé de matière organique

dont le rapport C/N est bas (8 à 9), traduisant une minéralisation très satisfaisante.

Le ρH présente des valeurs basiques en surface (7,6 à 8,0) en relation avec l'importance de la somme des bases échangeables et de la matière organique très évoluée. Ces valeurs se maintiennent en profondeur (6,5 à 8).

Le fort pourcentage d'argiles à haute capacité d'échange (illite ou montmorillonite) existant dans ces sols est saturé par la quantité importante de cations Ca et Mg libérés dans l'altération de la roche.

S varie de 13 à 42 méq % dans les sols sous forêt. MgO est parfois le cation dominant surtout dans les horizons profonds. La teneur en K₂O échangeable (0,2 à 9,3 méq. %) est identique à celle des sols rouges ferrallitiques, nettement déséquilibrée par rapport à MgO.

Les valeurs de P₂O₅ total sont élevées : 1,1 à 1,3 %.

Les sols brun-jaune à hydromorphie mixte (topographique et pétrographique) de la Baféao présentent des résultats analytiques assez voisins mais moins élevés.

La texture est toujours argileuse, plus riche en sable fin (40 à 60 %) : la teneur en matière organique est de l'ordre de 3 à 4 %. Le rapport C/N est bas (9,8) ; la teneur en azote total est très satisfaisante (0,2 %).

Le ρH est compris entre 6 et 7 pour les divers horizons de surface.

La somme totale des bases échangeables est de 8 à 10 méq. %, avec un rapport CaO/MgO de 2,5 et une teneur très satisfaisante en K₂O (0,47 méq. %), due partiellement à quelques apports d'engrais potassiques (sol exploité depuis 3 ans environ).

La teneur en acide phosphorique total est moyenne en surface (0,45 %), faible en profondeur (0,18 %) ; La proportion de P₂O₅ assimilable est faible dès la surface (0,055 %).

Ces trois types de sols représentent dans leur état physico-chimique, des terres particulièrement appropriées à la culture bananière. Nous aborderons plus loin les propriétés structurales et leur influence sur la végétation du bananier.

D. SOLS SUR SABLES TERTIAIRES

Les sols sur sables tertiaires ont des propriétés physico-chimiques souvent moins favorables pour l'extension des bananeraies. Cependant des plantations se sont installées sur ces sols pour différentes raisons non pédologiques.

	Sols sur roches basiques avec hydromorphie pétrographique et mixte								Sols sur sables tertiaires (Plantations)								Sols sur sables tertiaires (forêt)		
	F.M. 7 (plantations)		Z. 2 (forêt)		B.A.F. 1 (plantations)				G.B. 1 Plateau		B.A.R. 5				G.B. 2		D.A.B.	A.D.1.	A.D.2.
																	Plateau	Pente	
ANALYSE PHYSIQUE																			
Profondeur	0/10	70	0/20	40/50	0/20	40	60/80	0/15	30/40	0/10	30/40	60/70	0/15	30/40	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
Refus 2 m/m	0	78	10,1	34,6	1,1	5,6	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Argile	39,7	36,5	41,5	30,5	19,7	26,2	34,0	14,7	18,7	19,0	36,2	14,5	13,2	13,7	13	11,6	14,5		
Limon	18,7	19,0	21,2	18,0	15,0	15,2	15,7	.2,2	3,7	11,0	8,5	2,5	3,7	5,5	2	2,7	1,7		
Sable fin	17,7	17,9	13,7	15,4	50,7	45,7	35,6	27,8	21,8	32,1	20,5	19,3	27,7	25,6	25	30	24		
Sable grossier	4,5	17,0	8,4	26,8	11,5	9,8	9,0	52,3	53,9	34,6	29,1	62,7	50,7	53,0	56	55	56		
Matière organique	6,5		11,5		3,4			1,8		3,5			2,2		2,3				
Carbone %	3,785		6,812		1,997			1,095		2,083			1,325		1,400	1,068	1,340		
Azote %	0,385		0,805		0,202			0,088		0,173			0,105		0,098	0,078	0,114		
C/N	9,8		8,4		9,8			12,4		12,0			12,6		14,6	13,8	11,8		
pH	7,6	6,3	8,06	7,06	6,4	6,2	5,8	5,39	4,93	5,70	4,83	5,42	4,86	4,82	4,2	3,84	3,8		
ANALYSE CHIMIQUE																			
Bases échangeables (mEq %)																			
Ca O	34,0	21,5	40,70	11,15	5,41	3,57	3,71	1,60	1,12	5,94	1,28	0,98	2,50	1,32	0,91	0,76	1,12		
Mg O	8,67	9,33	7,66	8,34	2,62	2,50	3,32	0,72	0,26	0,58	0,34	0,18	0,59	0,26	0,50	0,20	0,44		
K2 O	0,20	0,2	0,30	0,10	0,47	0,13	0,20	0,15	0,05	0,18	0,07	0,08	0,10	0,05	0,10	0,04	0,06		
Na2 O	—	—	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0	0,01	0,15	0,03	0,04		
Somme	42,87	31,03	48,60	19,65	8,54	6,26	7,29	2,47	1,44	6,70	1,73	1,25	3,19	1,64	1,66	1,03	1,66		
Acide phosphorique (o/oo)																			
Total	1,154		1,349	0,372	0,450	0,182	0,126	0,915		1,46			0,928			0,75	0,85		
Assimilable	0,078				0,055			0,045		0,080	0,032		0,080						

1. Par suite des conditions climatiques favorables et des facilités de transport sur Abidjan.

2. Pour étendre certaines plantations de bas-fonds souvent à l'étroit dans les vallées marécageuses proches de la lagune et les compléter par un secteur de plateau plus facile à exploiter.

3. Dans le cas particulier de la coopérative du Nieky, pour compenser les pertes subies dans les terrains tourbeux particulièrement atteints par l'inondation au cours de ces dernières années.

Les sols sur sables tertiaires sont en général très homogènes en surface et en profondeur par suite d'une roche-mère meuble très profonde. Cette roche-mère est essentiellement un matériau sablo-argileux : sables quartzeux, argile kaolinique et hydroxydes de fer. La réserve (Ca-Mg-K-Na) y est extrêmement faible ; par contre le phosphore y est assez abondant. Nous distinguons des sols de plateaux souvent très sableux, des sols de pente et bas de pente plus argileux et quelquefois bien pourvus en matière organique. Les prélèvements décrits ont été effectués à la Coopérative de Brofodoumé et dans les plantations des km 17 et 33 de la route de Dabou.

Morphologie des profils.

Sur les plateaux, sous un horizon superficiel sableux,

légèrement humifère brun ou gris-brun, les horizons sous-jacents ont une teinte générale ocre jaune et une texture sablo-argileuse. Des sondages profonds montrent un matériau homogène jusqu'à 1 m, puis la texture devient plus argileuse entre 1 m et 1,50 m.

Les sols de forte pente présentent fréquemment une texture superficielle plus argileuse par suite de l'entraînement par ruissellement des éléments sableux meubles (profils tronqués).

Profil G. B. 1 (plantation De Breecy, sur plateau).

0-10 cm : brun, sableux, légèrement humifère, particulaire.

10-40 cm : brun, sableux à sablo-argileux.

à 50 cm : brun ocre et taches beiges.

Les sols de pente observés dans trois plantations montrent parfois une texture plus argileuse à proximité des zones marécageuses ; ils sont plus riches en matière organique, présentent une texture plus hétérogène en profondeur (niveaux de sable grossier et argile) et renferment fréquemment des nappes phréatiques peu profondes, formant source, assurant une hydromorphie presque permanente.

Profil B A R 5 (plantation S. G. A. C., km 17, bas de pente).

0-10 cm : brun, sablo-argileux grossier, humifère.

40-50 cm : ocre jaune et traces rougeâtres diffuses, argilo-sableux plastique, humide.
50-70 cm : gris clair, traces ocre rouge, sableux grossier, très humide.
à 70 cm : nappe phréatique.

Profil G. B. 3 (plantation de Brecey, route de Dabou, bas de pente).

0-10 cm : brun, sablo-argileux, légèrement organique.
10-30 cm : brun foncé, sablo-argileux, frais.
30-50 cm : brun foncé, sablo-argileux, très humide (taches grises).

Caractères physico-chimiques.

Des prélèvement de sols sous forêt ont été donnés dans un tableau complémentaire et serviront de termes de comparaison avec les sols de plantations, améliorés par des fumures minérales.

Aucune fraction graveleuse ne vient perturber la texture superficielle des sols de plateaux ; seuls certains sols de pente, très localisés, peuvent présenter un gravillonnement ferrugineux, venant d'un démantèlement de niveaux anciens cuirassés. Ce fait est cité pour mémoire (Plantation De Brecey).

La texture superficielle est très sableuse sur plateau et haut de pente (3 à 15 % d'argile) ; le sable grossier représente l'élément dominant. Les sols de pente ont une texture nettement plus argileuse (19 à 32 % d'argile).

A faible profondeur (30-40 cm) : légère augmentation de la teneur en argile.

Les teneurs en matière organique sont les plus élevées dans les sols de bas de pente (2,2 à 3,5 %). Elles sont parfois très faibles dans les plantations de plateau (0,9 %). La teneur moyenne sous forêt se situe vers 1,5 à 2 %. Le rapport C/N présente des valeurs établies de 9 à 15 ; en forêt les valeurs sont parmi les plus fortes (11 à 14).

Le pH est toujours très acide sous forêt, voisin de 4. Les fumures minérales ont relevé sensiblement le pH sous plantation (variations de 4,8 à 5,7). Le pH est aussi très acide en profondeur (4,5 à 5,2).

La somme totale des bases échangeables des sols sous forêt est faible (1,03 à 1,66 méq. %), même dans certains sols assez bien pourvus en matière organique. Dans les plantations, les valeurs de S sont plus variables suivant les apports antérieurs, parfois importants, de chaux ou de chaux magnésienne, de scories et d'engrais potassiques.

Valeurs de S : 0,93 et 1,59 méq. % dans deux plantations n'ayant pas reçu d'engrais.

2 à 6 méq. % dans les plantations avec engrais.

La teneur en CaO est la plus variable : 0,68 à

5,94 méq. %, la teneur en MgO peut osciller de 0,10 à 1,96 méq. % ; la teneur en K₂O reste dans des valeurs faibles, 0,04 à 0,18 méq. %.

Les sols de plantations à rendement médiocre présentent les teneurs les plus faibles en azote et bases échangeables (Coopérative de Brofodoumé).

Le rapport CaO/MgO varie de 1,0 à 6,8 ; les valeurs les plus élevées de ce rapport correspondent à deux plantations médiocres ; les valeurs de 1,0 ; 1,8 ; 2,2 sont observées dans les plantations à production satisfaisante.

Les parcelles les plus productives présentent également les meilleures valeurs de K₂O (0,12 à 0,18 méq. %).

En profondeur, la teneur moyenne en bases échangeables sur plantation se situe à 1,2 méq. %, avec de faibles variations (0,8 à 1,7 méq. %). L'influence des apports d'engrais de surface est déjà bien atténuée, mais elle existe cependant, puisque dans les sols sous forêt, S. présente des valeurs très faibles variant de 0,4 à 0,7 méq. %.

La teneur en P₂O₅ est en général élevée. Les sols les mieux pourvus sont les plus riches en matière organique, en particulier sur bas de pente. Certains sols de plantations ont reçu une forte amélioration de P₂O₅ par des apports de scories. Sur les prélèvements, nous observons une variation des teneurs en P₂O₅ total de 0,6 à 1,5 %.

La teneur en P₂O₅ assimilable sous plantation à bon rendement est de 0,045 à 0,080 %, dans les parcelles à faible rendement : 0,040 %.

E. SOLS SUR ALLUVIONS FLUVIASTILES

Les terrasses alluviales anciennes de la Comoë, du Bandama et du Sassandra ont été choisies fréquemment pour l'installation de bananeraies (Plantation de la CIAA sur la Comoë à Motobé, Plantations Orange sur le moyen Bandama, Plantation Granderie à Sassandra et Plantation nouvelle de Banacomoë sur la moyenne Comoë).

Le choix des terres a porté surtout sur les flats alluviaux les plus élevés ou sur les bourrelets de berges qui sont à l'abri des inondations moyennes, mais pouvant être atteints par des crues exceptionnelles. Les sols sont profonds, en général à texture limono-argileuse, caractérisés par une hydromorphie temporaire de profondeur et parfois de surface ; leur engorgement doit être combattu par des techniques appropriées de drainage pour la culture bananière. La proximité de la réserve d'eau des rivières a permis aux planteurs de s'installer dans des zones moins favorables au

point de vue climatique mais où les possibilités d'irrigation étaient assurées.

Une classification sommaire de ces sols sur alluvions nous permet de distinguer :

1. Des sols sur *alluvions profondes* (plusieurs mètres), situées :

a) sur les *bourrelets de berge* (Granderie) nettement surélevés topographiquement et où les conditions naturelles de drainage sont satisfaisantes ;

b) dans les *dépressions latérales* au-delà des bourrelets où les techniques de drainage sont indispensables (Granderie, Motobé), par suite de l'engorgement hydrique superficiel ;

c) sur les *terrasses anciennes* (Banacomoë) où un drainage superficiel temporaire peut être nécessaire, par suite du relief très plat qui risque de provoquer un engorgement superficiel temporaire par les eaux de pluies.

2. Des sols sur *alluvions relativement peu épaisses* (moins de 1 m) reposant sur des roches basiques altérées qui contribuent à l'enrichissement en bases (Ca, Mg et Na) des couches superficielles alluviales (Plantation Orange). La disposition topographique d'un flat alluvial avec bourrelet de berge et dépression latérale se retrouve dans cette plantation. Les alluvions sont épaisses de 20 à 50 cm sur le bourrelet, 50 cm à 1 m dans la dépression mal drainée.

Les profils de sols sur alluvions profondes représentent des types hydromorphes classiques, évoluant sur les terrasses anciennes en sols hydromorphes à concrétonnement ferrugineux de nappe (Banacomoë) ou possédant un horizon réducteur proche de la surface (gley) dans les zones les plus humides (Motobé).

Les profils d'alluvions sur roches basiques (amphibolite) sont des sols hétérogènes à deux roches-mères ; un lit de cailloutis quartzeux roulés sépare fréquemment la couche d'altération de la roche de la couche d'alluvions.

Lorsque cette dernière est peu épaisse (20 à 50 cm), le type de sol se rapproche des terres brunes calco-magnésiennes sur roche basique à hydromorphie pétrographique.

Lorsque les alluvions sont plus épaisses, nous avons un sol hydromorphe plus classique, tacheté gris et rouille, évoluant en gley, mais à pH élevé en profondeur, par suite de l'enrichissement en bases par les eaux de nappe qui peuvent présenter dans certains cas d'importantes teneurs en chlorures (nappe du profil BA. 2 ayant environ 8 g de chlorures par litre). Dans la plantation Orange et dans des sites identiques d'alluvions, nous avons relevé fréquemment la présence de nodules carbonatés (CaMg).

Morphologie des profils.

1. ALLUVIONS PROFONDES :

= *Sols bien drainés.*

Profil BAC. 3 (plantation Banacomoë, terrasse ancienne ; débroussaillement récent).

0-10 cm : brun, sablo-argileux, légèrement humifère.

10-60 cm : brun clair rosé, argilo-sableux, quelques concrétions ferrugineuses et quartz rubéfiés dans les racines d'arbres.

Profil GRA. 1 (plantation Granderie à Sassandra, bourrelet de berge, 8 à 10 m au-dessus de l'étiage).

0-10 cm : gris-brun, sablo-limoneux.

10-90 cm : ocre beige, plus argileux, frais.

Profil MOT. 6 (plantation C. I. A. à Motobé sur la Comoë, bourrelet de berge).

0-5 cm : brun, sablo-limoneux, humifère.

5-70 cm : ocre clair, argilo-sableux.

plus de 70 cm : tacheté gris et ocre, argilo-sableux.

= *Sol engorgé.*

Profil GRA. 3 (plantation Granderie à Sassandra, dépression latérale).

0-15 cm : gris-noir, humifère, sablo-limoneux.

15-60 cm : gris-beige, taches ocres, argilo-limoneux humide.

60-70 cm : gris très clair, sablo-argileux grossier, nappe d'eau.

2. ALLUVIONS SUR AMPHIBOLITE ALTÉRÉE :

Profil O. R. A. 3 (plantation Orange, à Singrobo), sur bourrelet de berge).

0-15 cm : gris-brun foncé, sablo-argileux, légèrement organique, fentes de retrait.

15-40 cm : brun-jaune, argilo-sableux avec graviers quartzeux roulés.

40 et plus : roche amphibolique altérée.

Profil BA. 2 (plantation Orange, dans la zone latérale).

0-8 cm : gris-noir, sablo-argileux fin, très humifère.

8-30 cm : brun argilo-sableux.

30-105 cm : tacheté gris et rouille, argileux, plastique petites concrétions ferrugineuses.

105-135 cm : gris et ocre argileux et graviers (quartz roulés, nodules calcaires, débris de roche altérée).

Caractères physico-chimiques.

La texture superficielle apparente de ces sols est limono-argileuse. L'analyse mécanique indique en général une fraction importante de sable fin et de limon dans la plupart des profils. Pas de fraction graveleuse.

Argile : variation de 11 à 46 % (moyenne 18 %).

Limon : variation de 10 à 39 % (moyenne 19 %).

Sable fin : variation de 8 à 61 % (moyenne 46 %).

Sable grossier : variation de 0 à 31 % (moyenne 22 %).

Les planteurs évitent de choisir des terres alluviales trop argileuses et trop compactes en surface.

En profondeur, la texture devient par contre nettement plus argileuse :

argile : moyenne de 28 % (variation de 16 à 60 %) ;

limon : moyenne de 19 %.

Des horizons sableux grossiers peuvent exister dans certains profils hétérogènes.

La teneur moyenne en matière organique est de 2,1 % (variation de 0,6 à 4,6 %). Les plantations anciennes dont les sols ont été peu entretenus présentent des valeurs faibles (0,6 à 2,2 %). Les valeurs les plus élevées se trouvent dans les sols sur alluvions récentes (basses terrasses) ou sous forêt récemment débroussée.

Le rapport C/N peu élevé indique une évolution satisfaisante de la matière organique. Les sols sous forêt présentent dans leur ensemble les valeurs les plus élevées (11 à 13).

Les teneurs en azote total sont très variables ; faibles dans les sols CIAA-MOTOBE par suite de l'insuffisance d'apports minéraux et organiques (0,050 à 0,086 %).

Les autres sols ont des teneurs en azote se situant entre 0,090 et 0,300 % et correspondent fréquemment à des sols à rendement satisfaisant.

Le pH est acide en surface (variation de 4,8 à 6,3 : moyenne de 5,3). L'acidité est plus marquée en profondeur : toutes les valeurs observées sont groupées entre 4,6 et 5,3 (moyenne 5,1).

La somme totale des bases échangeables de l'horizon de surface présente des valeurs assez importantes. Les alluvions récentes, accessibles aux inondations, ont des valeurs de S supérieures à 9 méq. % : forte proportion de MgO (rapport CaO/MgO de 1,2 à 1,3) ; teneur correcte en K₂O : 0,15 à 0,25 méq. %. Les sols des terrasses anciennes (Banacomoë), les sols d'alluvions du Sassandra (Granderie) ont des valeurs de S variant de 4 à 8,5 méq. % : proportion relative de MgO moins importante que dans les sols précédents (rapport CaO/MgO variant de 2,2 à 4,7) teneurs plus faibles en K₂O (0,06 à 0,19 méq. %).

Les teneurs les plus basses en bases échangeables ont été reconnues dans la plantation de Motobé (CIAA) où les sols semblent plus lessivés et plus acides ; S varie de 1,55 à 3,9 méq. % ; le rapport CaO/MgO est assez bas (1,1 à 2,8), les teneurs en K₂O sont faibles (0,06

	Sols sur alluvions profondes						Sols sur alluvions reposant sur amphibolite						
	Terrasse ancienne		Bourrelet de berge				Bourrelet de berge	Dépression latérale					
	B.A.C.3.	M.M.G.	G.R.A.I.		O.R.A.3	B.A.2.			O.R.A.1.				
	Drainage naturel satisfaisant				Drainage normal	Drainage normal			Drainage abandonné				
ANALYSE PHYSIQUE													
Profondeur	0/15	40/60	0/15	50/60	0/10	30/40	0/15	0/10	20/30	70/80	120/50	0/15	
Refus 2 m/m	0	0	0	0	0	0	1,3	0	2,0	4,0	25,0	0	
Argile	19,2	35,5	16,5	26,5	13,0	16,2	17,5	19,7	23,5	40,7	40,2	12	
Limon	10,7	9,2	21,0	19,7	12,5	13,0	11,2	11,0	11,7	10,7	15,2	12,7	
Sable fin	48,5	37,1	61,4	52,3	55,5	50,3	50,0	42,5	41,8	30,2	24,4	54,9	
Sable grossier	17,3		1,6	1,6	19,2	19,6	16,2	20,2	22,5	15,6	11,7	20,1	
Matière organique	2,0		1,4		2,2		2,3	3,3				1,9	
Carbone %	1,209		0,867		1,293		1,369	1,970				1,141	
Azote %	0,090		0,100		0,118		0,124	0,226				0,093	
C/N	13,4		8,6		10,9		11,0	8,7				12,2	
pH	5,91	5,06	5,30	4,91	5,52	4,94	6,03	6,0	5,1	4,8	6,4	5,21	
ANALYSE CHIMIQUE													
Bases échangeables (méq %)													
Ca O	5,32	1,56	2,02	1,54	4,54	1,52	7,70	7,68	?	5,60	12,32	3,24	
Mg O	1,76	0,70	1,49	1,22	1,64	0,60	7,03	4,34	4,58	9,12	12,55	4,02	
K ₂ O	0,07	0,04	0,42	0,07	0,09	0,07	0,08	0,47	0,13	0,13	0,15	0,09	
Na ₂ O	0,01	0,02	0	0,03	0	0,01	0,05	0,24	0,24	2,44	6,61	1,33	
Somme	7,16	2,32	3,93	2,86	6,27	2,20	14,86	12,73		17,69	34,63	8,68	
Acide phosphorique (o/oo)													
Total	0,416		0,423		0,512		0,499					0,347	
Assimilable	0,041		0,032		0,058		0,023	0,076				0,036	

à 0,10 méq. %). Les sols sur *alluvions amphibolites* présentent par contre les teneurs les plus élevées en bases échangeables : 14 méq. % dans l'horizon de surface. La proportion de MgO est forte (rapport CaO/MgO de 0,8 à 1,7) ; les teneurs naturelles en K₂O sont faibles (0,96 à 0,10 méq. %). Elles ont été améliorées par les planteurs dans certains sols (0,47 méq. %).

La teneur en Na₂O est infime dans la plupart des sols sur alluvions profondes. Elle augmente cependant légèrement en profondeur dans certains profils (0,10 à 0,13 méq. % au lieu de 0 à 0,04). Par contre, dans les alluvions sur amphibolite, et en particulier dans les sols les moins bien drainés, nous avons des teneurs fortes en Na₂O.

Dans la plantation Orange, nous citerons les valeurs suivantes dans l'horizon de surface :

Na₂O — 0 à 0,05 méq. % : sols bien drainés de bourrelet ;

Na₂O — 0,24 méq. % : sols drainés dans une dépression latérale où la nappe est chlorurée ;

Na₂O — 1,33 méq. % : sols cultivés en 1953-54 où le drainage a été abandonné depuis 3 ans.

Ces chiffres montrent la nécessité de réaliser un drainage efficace, assurant l'élimination de l'excès de Na₂O ; d'une part pour éviter son effet néfaste sur la stabilité structurale du sol, d'autre part, pour éviter une toxicité éventuelle des chlorures par remontée de la nappe phréatique.

La teneur en acide phosphorique total est élevée dans les alluvions récentes et en relation avec leur teneur en matière organique : 0,8 à 1,3 %_{oo}. Dans les autres sols, elle se situe en général entre 0,2 et 0,5 %_{oo}. La proportion de P₂O₅ assimilable est faible (0,020 à 0,050 %_{oo}) sauf dans les plantations ayant reçu quelques apports d'engrais phosphatés (0,118 %_{oo}) ou dans les sols sous forêt riches en matière organique (0,181 %_{oo}).

F. SOLS TOURBEUX DES MARAIS DE L'AGNÉBI ET DES VALLÉES LAGUNAIRES

Situés à l'Ouest d'Abidjan, les marais de l'Agnébi représentent l'un des secteurs principaux de la production bananière en Côte d'Ivoire. Encadrés par les plateaux de sables tertiaires à l'Est et à l'Ouest, ils représentent l'aire d'extension d'un ancien delta de l'Agnébi, d'une superficie de 10 à 12 000 ha. La partie nord-ouest du marais, au Sud des confluents du Nioky et de l'Agbébi est seule exploitée, depuis la bordure Est du

plateau jusqu'au milieu du marais où les conditions de drainage deviennent plus difficiles (risques d'inondation).

Les études pédologiques et hydrologiques réalisées récemment dans cette région ont montré l'existence d'anciens bourrelets alluviaux argileux, séparant les zones déprimées, inondées presque en permanence, où se sont accumulées sur place les matières organiques provenant d'une végétation forestière typiquement marécageuse (Forêt à *Sympmania* et *Raphiales*), et conduisant à la formation de tourbes, plus ou moins profondes, très grossières. Ces tourbières ont retenu l'attention de planteurs qui devaient s'y installer dès 1935-36.

En 1950, R. Portères publiait une étude détaillée dans laquelle il donnait les principaux caractères analytiques des sols de ces plantations et d'utilles renseignements sur leur conduite en culture bananière. Des études pédologiques de l'ORSTOM faites à l'occasion de diverses prospections et en particulier lors du creusement du Drain principal Nord-Sud en 1957, permettaient d'établir une classification détaillée des sols de l'ensemble du marais, ainsi qu'une documentation sur leurs propriétés physico-chimiques les plus caractéristiques.

La présente étude vient en complément pour situer l'évolution particulière des sols de plantation après un certain nombre d'années de cultures et d'apports d'amendements.

La classification adoptée en 1957 pour la cartographie du marais de l'Agnébi distingue :

1. Des sols hydromorphes à horizon réduit, sur les levées argileuses d'origine alluviale.

2. Des sols hydromorphes organiques dans les dépressions tourbeuses.

La teneur en matière organique sert de base pour l'identification des divers horizons :

— tourbe : plus de 40 % de matière organique (échantillon sec) ;

— argile organique : 10 à 40 % de matière organique ;

— argiles compactes : moins de 10 % de matière organique.

Tous les sols de plantations sont rangés dans cette classification et comprennent, soit le terme courant de *tourbes profondes* issues de forêt à *Sympmania*, ou de *Raphiales* ; soit le terme de *tourbes sur argiles compactes* localisées sur quelques levées argileuses.

Les prélèvements ont été faits dans les plantations SABA, Gentil, Bonjour-Martinet et BDMT, en parcelles récemment exploitées ou en voie de débroussaillement, et en vieilles parcelles (maximum 20 ans d'exploita-

tion). Nous donnerons tout d'abord la description de quelques-uns de ces profils, puis leurs caractères analytiques.

Morphologie des profils.

— TOURBE PROFONDE.

Profil B. M. 1 (plantation Bonjour-Martinet, carré 15, cultivé depuis 21 ans).

0-15 cm : tourbe noirâtre, grumeleuse, fraîche, sous une couche d'agrégats organiques desséchés (état motteux) gris foncé cubiques (1 à 2 cm).

25-50 cm : tourbe grossière brun rougeâtre, fibreuse débris ligneux grossiers.

50 cm : plan d'eau.

— TOURBE SUR ARGILE COMPACTE.

Profil B. M. 3 (même plantation, carré T. 7 ; exploitée depuis 1957).

0-15 cm : tourbe noirâtre bien décomposée ; fraîche.

15-35 cm : tourbe brun rougeâtre fibreuse.

35-60 cm : argileux gris clair, plastique, humide.

40 cm : plan d'eau.

— ARGILE ORGANIQUE SUR ARGILE COMPACTE.

Profil B. D. M. T. 4 (plantation B. D. M. T., carré 12).

0-15 cm : gris foncé, argilo-organique, frais, plastique sous couche disloquée d'agrégats secs, cubiques.

15-50 cm : brun-noir, argileux et organique.

à 50 cm : tourbe fibreuse rougeâtre ; plan d'eau.

Profil B. D. M. T. 1 (même plantation carré 29, sol en voie de débroussaillement).

0-10 cm : noir, argilo-organique.

10-40 cm : argileux, et niveaux discontinus de matières organiques fibreuses peu décomposées.

40-50 cm : gris noir, de plus en plus argileux.

à 50 cm : plan d'eau.

Caractères physico-chimiques.

La matière organique constitue l'essentiel de l'horizon de surface de tous les sols prélevés à l'exception de deux profils sur argiles organiques.

Sur les échantillons tourbeux séchés à l'air, la teneur en matière organique dosable par la méthode Anne varie de 39 à 63 %. Elle est de 23 et 32 % dans les sols d'argile organique. L'humidité de l'horizon frais est forte et se situe pour les différentes plantations entre 52 et 88 %. L'état de dessiccation de l'horizon superficiel est donc très variable ; il est en relation, d'une part avec la proximité du plan d'eau, d'autre part avec l'ancienneté d'exploitation. Rappelons que R. Portères situe à 40 % le seuil d'humidité au-dessous duquel se produit le flétrissement du bananier et une

	Sols tourbeux des marais de l'Agneye								Sols des vallées lagunaires									
	Tourbes		Tourbes sur argiles		Argile organique				Zone sableuse		Zone sablo-argileuse		Zone argileuse		Même zone sol vierge			
	B.M.1.	B.M.3.	B.D.M.T.4	B.D.M.T.1	G.B.6		G.B.4		B.A.R.1		B.A.R.3							
	1938	1957	1947	1957	stérile		favorable		très favorable									
	première année d'exploitation																	
ANALYSE PHYSIQUE																		
Profondeur	0/10	40/50	0/10	40/50	0/20	40/50	0/20	40/50	Profondeur	0/15	30/40	0/15	30/40	0/4	4/20	60	0/40	30/40
Refus 2 m/m	0	0	0	0	0	0	0	0	Refus 2 m/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Matière Organique	46,7	61,6	48,5	2,9	23,0	24,4	32,8	21,9	Argile	21,7	14,5	17,2	45,5	31,5	37,5	61,2		
Humidité (échan. frais)	68,8	89,0	62,3	29,2	57,1	77,1	68,1	70,6	Limon	7,5	5,2	19,5	26,0	16,7	21,2	23,0		
Carbone	27,48	36,25	28,58	1,723	13,56	14,36	19,05	12,92	Sable fin	19,6	16,0	29,9	29,0	22	11,8	12,4	20,5	10,8
Azote	1,132	1,143	1,272	0,090	0,865	0,551	0,699	0,591	Sable grossier	66,4	74,0	36,5	49,5	28	10,4	31,1	12,3	1,5
C/N	24,2	31,7	22,4	19,1	15,6	26,0	27,2	21,8	Matière organique	3,7	3,7	15,1					7,6	
pH (échan. frais)	5,40	5,20	5,10	4,57	4,02	4,12	4,48	4,40	Carbone	2,152	2,151		0,912				4,404	
									Azote	0,109	0,153		0,898				0,183	
									C/N	19,7	17,9		9,9				24,5	
									pH	4,84	5,24	4,98	4,93	6,34	5,22	5,16	4,56	4,68
ANALYSE CHIMIQUE									ANALYSE CHIMIQUE									
Bases échangeables (mEq %)									Bases échangeables (mEq %)									
Ca O	51,2	4,52	30,80	10,88	5,76	1,76	2,0	3,84	Ca O	1,52	1,12	2,46	0,74	28,20	3,20	1,64	1,08	0,68
Mg O	9,2	10,68	5,08	2,80	2,96	1,60	1,60	1,44	Mg O	0,30	0,26	0,53	0,18	4,60	0,54	0,88	0,34	0,04
K2 O	0,44	0,56	0,40	0,40	0,36	0,08	0,08	0,12	K2 O	0,05	0,04	0,11	0,05	0,47	0,13	0,14	0,15	0,04
Na2 O	1	0,04	0	0,24	0	0	0,16	0,04	Na2 O	0,01	0	0,02	0	0,03	0,07	0,21	0,21	0,08
Somme	60,84	16,0	36,28	14,32	9,08	3,44	3,84	5,44	Somme	1,88	1,42	3,10	0,99	33,27	3,90	2,73	1,78	0,84
Acide phosphorique (o/o)									Acide phosphorique (o/o)									
Total	6,114		4,03		2,454		1,344		Total	0,776		1,374			3,85		2,66	
Assimilable	2,167		1,815		0,805		0,999		Assimilable	0,185		0,232			0,962	0,115	0,093	0,105

réhumectation difficile du sol (évolution vers l'état « motteux »), d'où la nécessité de maintenir le plan d'eau proche de la surface du sol (30 à 50 cm). L'état motteux est surtout développé sur 1 à 2 cm dans les plantations les plus anciennes (BM 1). Il est possible d'ailleurs que la petite couche de sol réduite à l'état motteux joue un rôle de protection contre une dessiccation plus profonde (effet de « mulch »). Ce problème pourra être abordé à propos du bilan d'eau de ces tourbes.

Le rapport C/N des horizons superficiels varie de 14 à 30 ; sur 20 prélèvements, ses valeurs ne présentent pas de relations particulières avec l'ancienneté de l'exploitation. La teneur en azote total est toujours très élevée (0,7 à 2,4 %). Elle est en relation directe avec la teneur globale en matière organique.

Malgré les apports minéraux importants réalisés dans les plantations, le pH se maintient dans des valeurs acides et même très acides : variation de 3,5 à 5,4 sur les échantillons frais. Les valeurs les moins acides, 5,1 à 5,4 se trouvent dans les sols ayant reçu un chaulage important récent, et en particulier dans les vieilles parcelles (BM 1). Cet apport minéral se retrouve en partie dans la somme totale des bases échangeables. Le pH peut rester très acide dans de jeunes plantations bien productives ayant reçu des amendements (chaux magnésienne) : pH de 3,7 pour BDMT 3, 3,8 pour GE 2. ; (3,5 sur SABA 2) parcelle à rendement médiocre où se manifeste du « bleu » et où les bananiers doivent être replantés chaque année. Dans les parcelles normalement productives, le pH varie entre 4 et 5, comme dans la plupart des tourbes forestières non cultivées. Nous n'avons pas de relations particulières entre les valeurs du pH et le rapport C/N.

La somme des bases échangeables présente des chiffres très variables s'étalant de 3,84 à 60,84 méq. %. La valeur la plus faible se trouve dans une parcelle en voie de débrousslement, en cours de plantation et non amendée. La valeur de S la plus élevée se trouve dans l'une des plus anciennes parcelles ayant reçu de forts apports minéraux (coquillages, chaux magnésienne, scories...).

Dans les autres parcelles, il n'y a pas de liaison particulière avec l'ancienneté de l'exploitation. La variété, l'importance et la date des apports minéraux sont à l'origine de ces fortes variations de S. Cette valeur a été calculée sur la matière séchée à l'air. Dans le sol frais en place, vu la forte humidité, si S était exprimé en fonction d'un volume comparable à celui d'un même volume de sol de plateau (fraction organique seulement de l'ordre de 1,5 à 3 %), il est évident que ces valeurs seraient 3 à 4 fois moindre. Dans l'évaluation réelle de S et son influence sur la fertilité générale, il

semble utile de tenir compte de ce fait pour une comparaison éventuelle avec les échelles de fertilité adoptées pour les sols de plateaux.

Le rapport CaO/MgO présente des chiffres très variables : 1,1 à 22.

5,5 dans une vieille parcelle productive (BM 1) ;

6,0 dans une parcelle atteinte par le « bleu », après traitement avec la chaux magnésienne (BM 3) ;

22,0 dans une parcelle atteinte par le « bleu » et sans traitement par la chaux magnésienne (BM 4) ;

6,7 dans une parcelle très productive (SABA-6) ;

1,2 dans une parcelle où les applications régulières de SO₄Mg (30 g par pied) ne donnent qu'une amélioration temporaire au « bleu » ;

1,2 et 1,6 dans des sols forestiers débroussés en 1957-58 et non exploités (BDMT 1 et GB 7).

Le manque d'assimilation de Mg par le bananier ne semble pas dû à priori à un déséquilibre CaO/MgO dans le sol.

Le rapport MgO/K₂O présente également de fortes variations (2 à 42) liées à l'importance des fumures minérales potassiques et magnésiennes (chaux magnésienne SO₄Mg, scories K, CIK, engrais complet) :

20 : dans une vieille parcelle ayant reçu de forts apports Ca-Mg (B. M. 1.).

24, 30, 42 : dans des parcelles de la SABA, ancienne à rendement médiocre (42), récente non cultivée (30), récente amendée (24).

29 : dans une parcelle stérile (GE. 3.).

Les parcelles récentes non amendées ont une teneur très faible en K₂O (0,08 à 0,020 méq. %). La teneur moyenne des parcelles cultivées, même anciennes, est peu élevée puisque les valeurs de K₂O sur échantillon sec sont réparties surtout entre 0,2 et 0,5 méq. %, 0,6 à 0,7 pour les sols les mieux pourvus ; par contre, 1 à 2 méq. % sur les parcelles ayant reçu de fortes fumures récentes en K₂O. Le calcul de la teneur en K₂O sur des échantillons de sol frais donnerait des valeurs très faibles dans la plupart des plantations. A l'exception des sols nettement argileux et parfois bien pourvus en éléments micacés, il ne semble pas qu'une réserve importante puisse s'accumuler dans les sols tourbeux.

La teneur en P₂O₅ total varie de 1,344 à 6,38 % ; elle est parfois très élevée du fait de la richesse du sol en matière organique, ou de forts apports de scories dans la plupart des plantations. Par contre, la proportion importante de P₂O₅ assimilable est liée strictement aux apports d'engrais phosphatés.

Dans les plantations, le rapport $\frac{P_2O_5 \text{ total}}{P_2O_5 \text{ assimilable}}$ varie de 2 à 4, alors que dans les sols sous forêt ou sols récemment déforestés il varie de 7 à 16, bien que les

teneurs en P_2O_5 assimilable soient assez élevées, comparativement aux sols de plateaux :

Tourbes sous forêt : 0,14 à 0,23 %;

Tourbes de plantations : 0,21 à 2,16 %.

En profondeur, les sols ont une teneur élevée en matière organique, avec un apport C/N plus fort qu'en surface. Le pH présente des valeurs plus acides (variations de 3,2 à 5,8) mais surtout localisées vers 4. Les valeurs les plus élevées du pH correspondent aux meilleures teneurs en bases échangeables (30 méq. %). La somme totale des bases échangeables varie de 5 à 30 méq. et est plus élevée que dans les sols vierges.

Dans les vallées lagunaires de la route de Dabou, nous retrouvons des sols tourbeux profonds identiques à ceux des marais de l'Agnébi. Mais les apports sableux des plateaux dans ces vallées encaissées et relativement étroites donnent plus de variété à la constitution texturale de ces sols marécageux.

Les sols tourbeux sur argiles plastiques peu profondes sont fréquents (SGAC — km 17) ; les sols très sableux avec un horizon organique superficiel peu épais sont parfois assez étendus (De Breecy — km 33) et constituent des zones médiocres pour la culture bananière.

Nous citerons le profil G. B. 6, particulièrement représentatif de ces zones sableuses alluviales situées au milieu de la vallée de la plantation De Breecy (G. B. 6).

Profil G. B. 6.

0-10 cm : gris-blanc, sableux, légèrement organique.

10-20 cm : brun foncé, sableux et matière organique.

10-40 cm : brun foncé, sableux grossier.

à 50 cm : humide.

Ce terrain a donné un premier fruit puis est resté complètement stérile.

Nous citerons deux autres profils dont la texture est par contre plus favorable à la culture bananière :

Profil G. B. 4 (sur zone moins sableuse, dans la même plantation).

0-15 cm : gris foncé, sablo-argileux, humifère.

15-40 cm : gris, sablo-argileux grossier, humide.

40-70 cm : gris-beige clair, tacheté gris et ocre, sableux à sablo-argileux.

Profil B. A. R. 1 (sur zone argileuse, plantation S. G. A. C. du km 17, forts apports d'engrais).

0-4 cm : noir, limono-organique, grumeleux.

4-60 cm : gris clair, traces ocres diffuses, argileux, légèrement organique.

60-70 cm : matière organique noire et brun rougeâtre mélangée à l'argile ; débris ligneux grossiers, odeur de H_2S .

Dans ces sols, les résultats analytiques montrent une variation importante de la texture.

Dans l'horizon de surface des zones sableuses peu favorables, teneur en sable total de 85 à 90 % ; dans les zones argileuses favorables, 35 à 45 % d'argile et une importante fraction limoneuse (environ 20 %). La teneur en matière organique est parfois assez élevée en surface (15 %), mais l'horizon organique est souvent peu épais, rapidement dégradé sur les sols sableux après quelques années de cultures et sa conservation demanderait des paillages fréquents comme dans certains sols de plateaux.

Les variations du rapport C/N sont assez significatives dans les sols cités :

24,5 dans un sol marécageux vierge ;

9,9 dans le même sol fortement amendé ;

19,7 dans les sols d'une zone sableuse où la matière organique superficielle est en voie de dégradation (teneur réduite à 3,7 %).



PHOTO 3. — Sol tourbeux sur argile compacte grise. (Plantation Bonjour-Martinet.)
(Photo Leneuf.)

Le ρH présente des valeurs très acides dans les sols non exploités ou peu amendés (4,5 à 4,9) ; il est nettement plus élevé et même voisin de la neutralité dans les zones argileuses très amendées (5,5 à 6,3).

La somme des bases échangeables est faible à l'origine dans tous ces sols ou lorsqu'ils sont exploités avec de faibles fumure (S varie de 1,8 à 3,1 méq. %). Les valeurs de S sont amenées à 20 et 30 méq. % dans les sols les plus enrichis par la culture.

Le rapport CaO/MgO est assez élevé (3 à 6) ; de l'ordre de 3 dans un sol vierge.

La teneur en K_2O échangeable est de l'ordre de 0,3 à 0,5 méq. % dans les sols les plus productifs ; elle est faible dans les sols stériles ou encore sous végétation marécageuse : 0,05 à 0,10 méq. %.

La teneur en acide phosphorique total est toujours très élevée dans les sols les plus productifs (1,3 à 6,6 %) par suite d'apports massifs de scories et d'une teneur originelle assez élevée dans la matière organique (2,6 % dans un sol vierge).

La proportion de P_2O_5 assimilable est surtout en relation avec l'importance des fumures phosphatées :

0,23 à 0,96 % dans les plantations ;
0,093 dans un sol vierge où le rapport

$$\frac{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ total}}{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ assimilable}}$$

devient très élevé (29) alors qu'il est de 4 à 8 dans les plantations.

Les problèmes de drainage dans les vallées lagunaires sont sensiblement les mêmes que dans les marais de l'Agnébi.

La matière organique tourbeuse de l'horizon de surface demande à conserver une certaine humidité, ce qui nécessite le maintien d'un plan d'eau proche, à 30 ou 50 cm, profondeur assurant cependant un drainage suffisant de la partie superficielle du sol.

Le problème de la salure n'a pas encore été évoqué dans l'étude des sols de marécages. Cependant, il existe dans certaines plantations sur tourbes, proches des rives lagunaires (région Abidjan-Bingerville).

Dans les sols de la vallée d'Agban une proportion importante de sodium y a été décelée (15 à 30 % de la somme totale des bases échangeables) ainsi que des teneurs importantes en MgO . Les eaux de nappe ont une salure variable avec le mouvement des marées : 0,2 à 2,5 g de ClNa par litre. Le drainage demande à être plus profond dans ces tourbes pour assurer une meilleure élimination de l'excès du sodium et des sels toxiques pour le bananier. Les techniques d'amélioration de ces sols sont identiques à celles des tourbes profondes des marais de l'Agnébi.

(A suivre)

LES SOLS DE BANANERAIES DE LA COTE-D'IVOIRE⁽¹⁾

(Première suite)

par B. DABIN et N. LENEUF

Pédologues.

Maîtres de Recherches à l'O. R. S. T. O. M.

3. LES SOLS : STRUCTURE ET BILAN D'EAU

I. GÉNÉRALITÉS.

Le sol est un support physique qui permet à la plante de développer plus ou moins facilement ses racines, lesquelles absorbent de l'eau et respirent. Les trois facteurs : pénétration, alimentation en eau et respiration, conditionnent pour une large part le développement de la plante et le rendement.

Du point de vue sol, les principales propriétés physiques mesurables sont :

- la texture,
- la structure,
- les rapports de l'eau et du sol.

Il existe des relations étroites entre ces différentes propriétés.

La *Texture* est la proportion d'éléments de différentes dimensions.

La *Structure* est l'assemblage, de ces éléments, et la solidité de l'assemblage, ce que l'on appelle aussi *Stabilité Structurale*. L'édifice structural renferme des vides que l'on appelle pores ; le nombre et la dimension des pores caractérisent également la structure, et déterminent pour une grande part les rapports de l'eau et du sol.

La *Stabilité Structurale* est définie par la proportion d'agrégats stables dans l'eau et par la proportion d'éléments colloïdaux pouvant se disperser dans l'eau.

La dispersion et la teneur en agrégats stables permettent de définir un indice d'instabilité : I_s (Méthode de HENIN et MONNIER).

L'instabilité est en relation avec la perméabilité : K (relation de HENIN et MONNIER).

La stabilité structurale est calculée d'après l'indice d'instabilité et la perméabilité par la formule suivante :

$$S = 20 (2,5 + \log 10 K - 0,837 \log 10 I_s)$$

S est la stabilité structurale, elle est d'autant plus grande que la perméabilité est plus élevée et que l'indice d'instabilité est plus petit.

La *Porosité* se définit par plusieurs grandeurs.

— La porosité totale qui est la proportion totale de pores par rapport au volume total de sol à saturation.

Cette porosité se divise en *Macroporosité*, constituée de grands pores où l'eau s'écoule facilement pour laisser place à l'air,

et en *Microporosité* où l'eau est retenue par des forces de succion plus ou moins grandes.

Suivant la force de rétention pour l'eau on définit :

— *l'humidité équivalente* : % de pores occupés par de l'eau retenue avec une force de 1 000 G ou $\mu F. 3$;

— *le point de flétrissement* : % de pores occupés par de l'eau retenue avec une force de 16 000 G ou $\mu F. 4,2$.

On définit également les grandeurs suivantes :

— *Porosité utile* = Porosité totale — point de flétrissement.

— *Eau utilisable* = Humidité équivalente — point de flétrissement.

— *Capacité minima pour l'air.* = Porosité totale — humidité équivalente.

Indice général de Structure.

Aucune des grandeurs définies précédemment ne suffit à elle seule à caractériser la structure d'un sol, c'est l'ensemble de ces grandeurs qui permet de déterminer la qualité structurale d'un sol.

Cette qualité structurale est d'autant meilleure que

(1) Voir le début de cette étude dans *Fruits* Vol. 15 n° 1, Janvier 1960, pages 3 à 27.

SOLS NON TOURBEUX INDICE GÉNÉRAL DE STRUCTURE

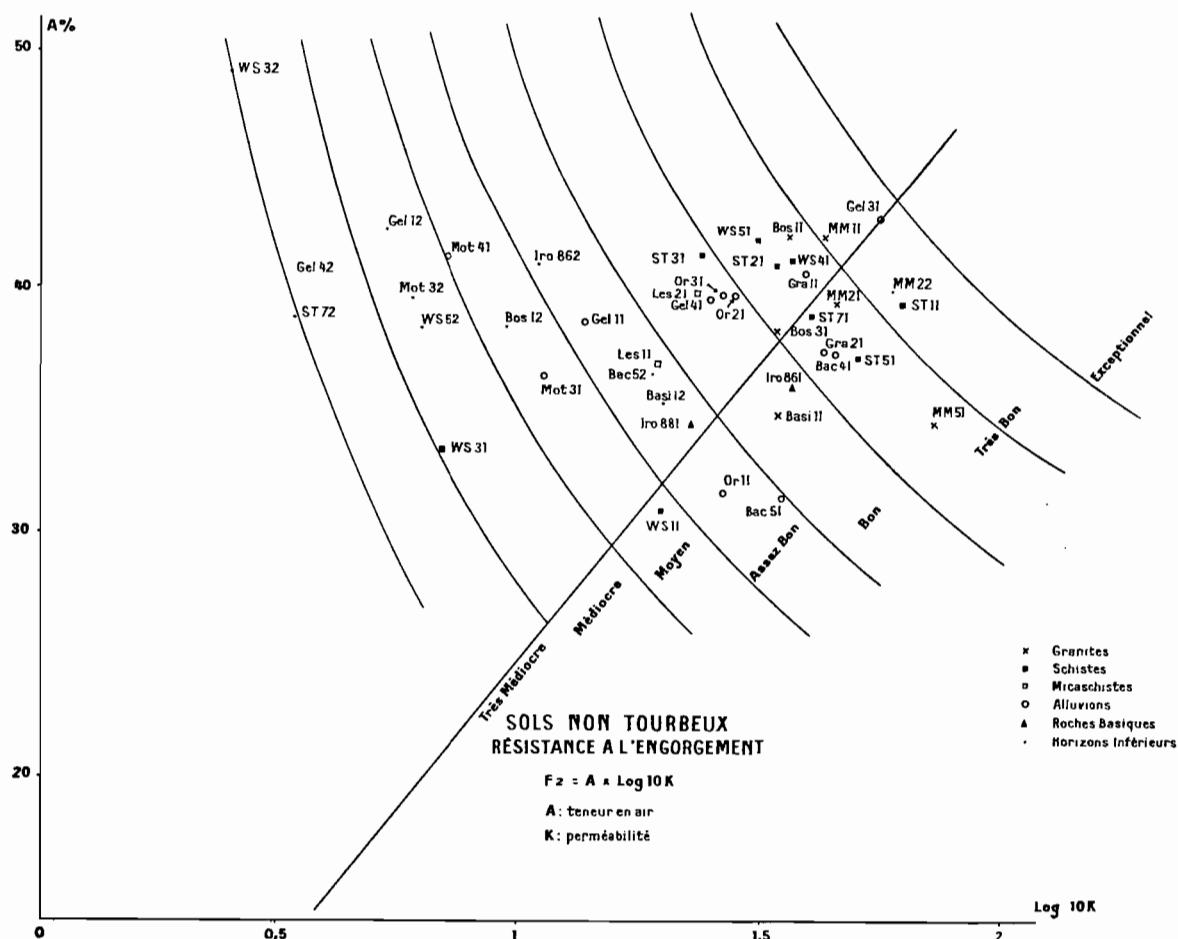
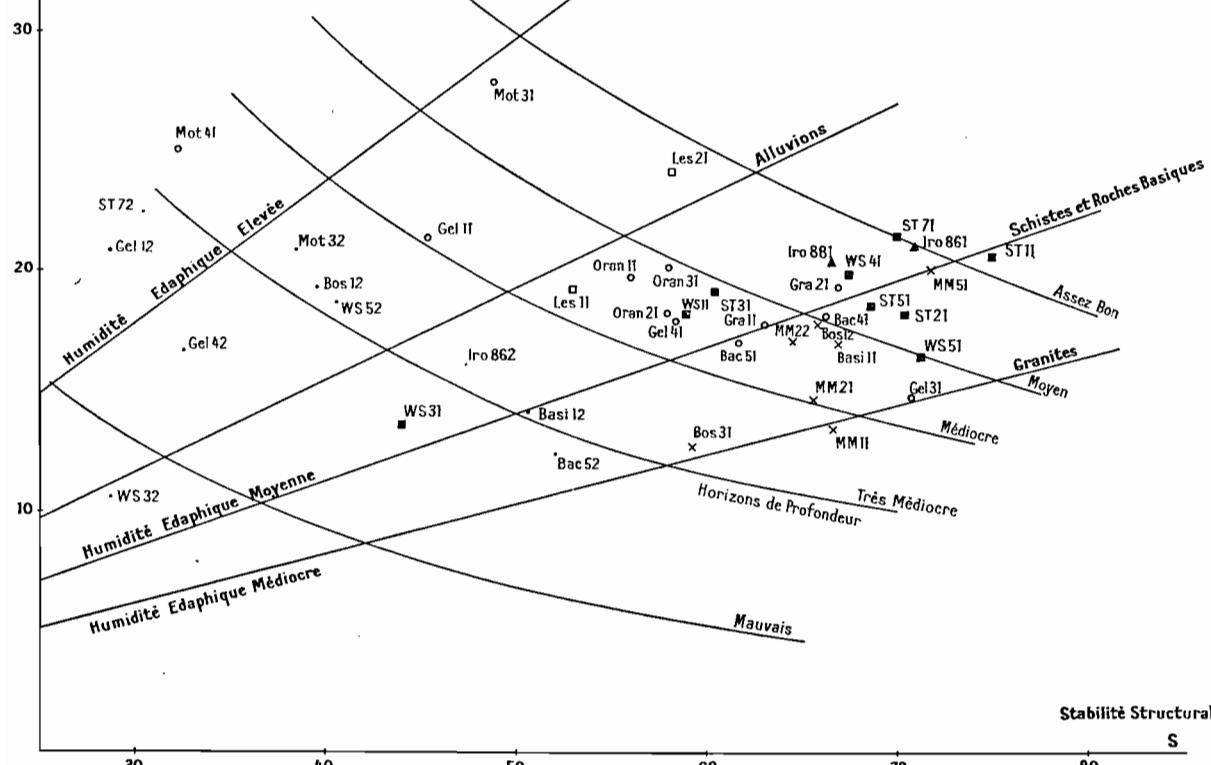
VPU x EPU

Pu : Porosité utile
Eu : Eau utilisable

$$F_t = S \times \sqrt{P_u \times E_u}$$

10 of 10

- ✖ Granites
- ▣ Schistes
- ▢ Micaschistes
- ▲ Roches Basiques
- Alluvions
- Horizons de Profondeur



la stabilité structurale est plus grande, et que la porosité et la rétention d'eau sont plus élevées.

La stabilité structurale conditionne l'ameublissemment du sol, la pénétration des racines, la circulation de l'eau et de l'air. La porosité et la rétention d'eau conditionnent l'alimentation en eau de la plante et la respiration des racines.

Expérimentalement, nous avons constaté que le produit :

$$F_1 = S \times \sqrt{Pu \times Eu}$$

(S = Stabilité structurale

Pu = Porosité utile

Eu = Eau utilisable)

était en relation étroite avec la qualité structurale d'un

sol évaluée directement sur le terrain, et avec sa fertilité (en particulier nous avons pu démontrer la relation sur un certain nombre de sols du Niger dont les propriétés structurales sont bien nettes et bien distinctes) (1).

Nous avons défini également deux indices complémentaires :

$$\text{l'humidité édaphique : } He = \frac{\sqrt{Pu \times Eu}}{S}$$

qui représente les possibilités de rétention d'eau par le sol

et la résistance à l'engorgement : $F_2 = A \% \times \log_{10} K$

(1) Rapport de Mission au Niger 1958.

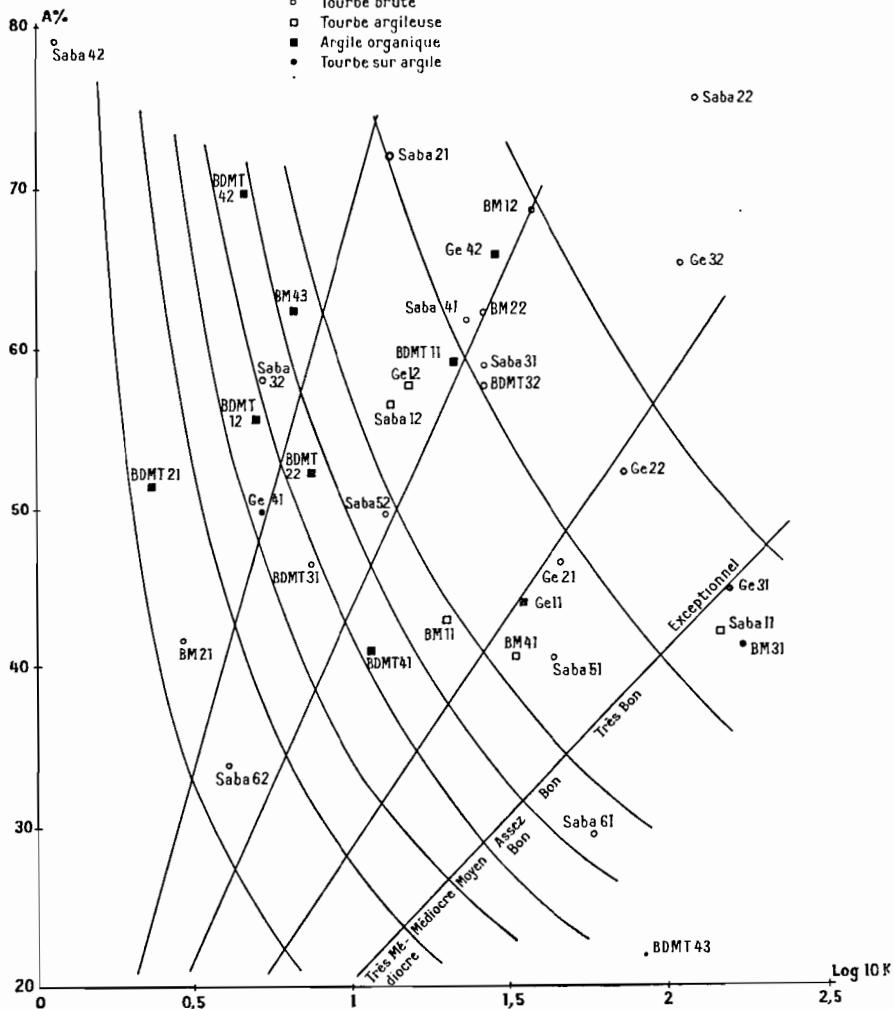
SOLS TOURBEUX DE L'AGNÉBY

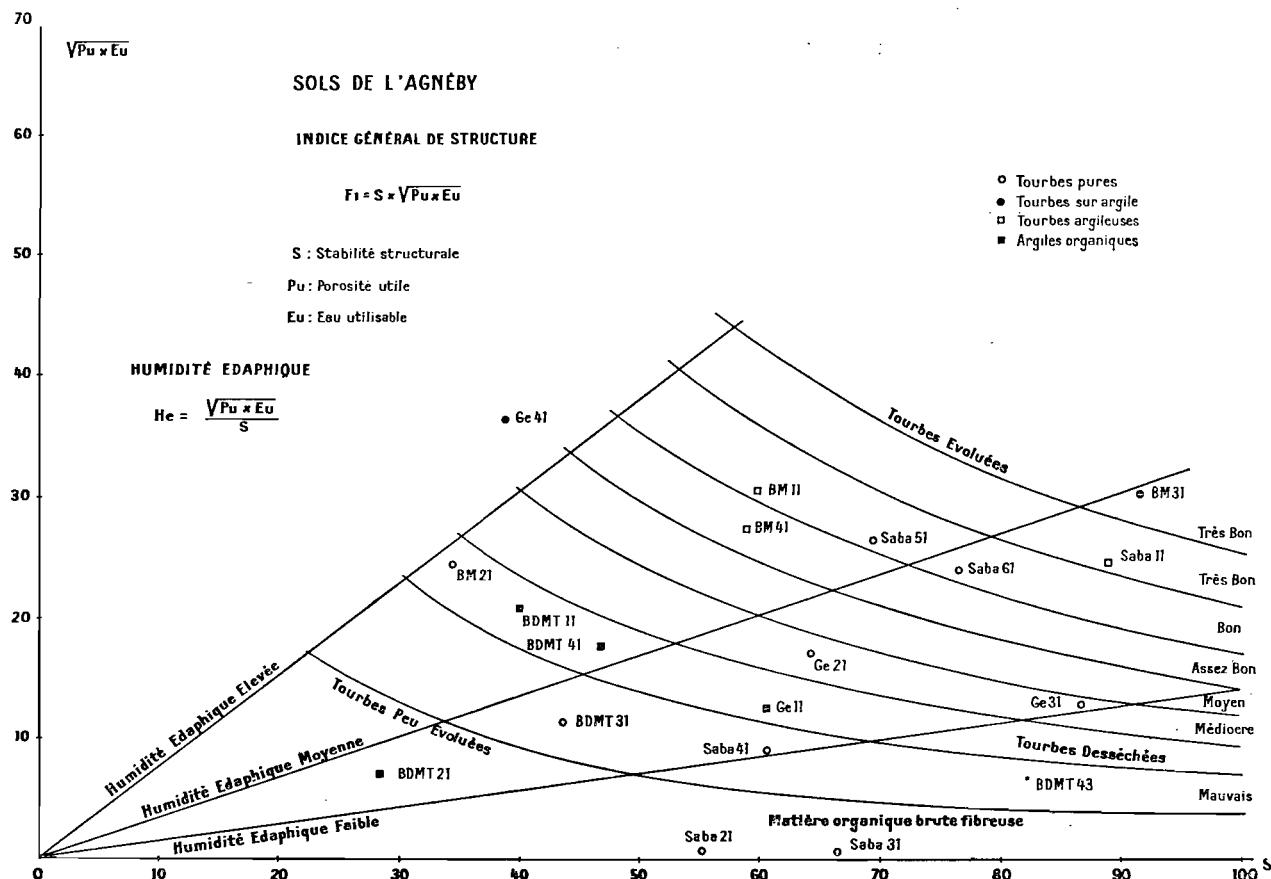
RÉSISTANCE A L'ENGORGEMENT

$$F_2 = A \% \times \log_{10} K$$

A%... Capacité pour l'Air K.. Permeabilité

- Tourbe brute
- Tourbe argileuse
- Argile organique
- Tourbe sur argile





où A est la capacité minima pour l'air et K la perméabilité qui représente les possibilités d'aération et de drainage du sol.

Indice général de structure, Humidité édaphique et Résistance à l'engorgement sont trois indices synthétiques qui permettent de définir exactement les propriétés structurales d'un sol.

Les indices de structure sont représentés graphiquement :

1^{er} graphique :

$$\text{ordonnée} = \sqrt{P_u \times E_u}$$

$$\text{abscisse} = S$$

Les sols de qualité structurale équivalente se trouvent sur une même branche d'hyperbole ; la structure est d'autant meilleure que la branche d'hyperbole est plus éloignée de l'origine.

L'humidité édaphique est représentée par la pente de la droite joignant l'origine aux points figuratifs.

2^e graphique :

$$\text{ordonnée} = A \%$$

$$\text{abscisse} = \log_{10} K$$

La résistance à l'engorgement et l'aération sont d'autant meilleures que la branche d'hyperbole est plus éloignée de l'origine.

2. LES SOLS TOURBEUX DE L'AGNÉBY

Les sols tourbeux de l'Agnéby possèdent des propriétés très particulières dues à leur haute teneur en matière organique souvent peu évoluée. Le nom de *Tourbes* qu'on leur donne généralement n'a pas la même signification qu'en zone tempérée, car ces sols organiques d'origine forestière ne constituent pas un milieu biologiquement inertes comme les tourbes à Sphagnes des pays nordiques ; d'après G. Aubert, on pourrait les comparer aux « Tourbières basses ». La matière organique d'origine forestière se maintient à l'état fibreux en raison de l'excès d'eau. Elle commence à s'humifier dès que le drainage est suffisant, et que l'on provoque un relèvement du pH par des amendements calcaires.

Cette humification apparaît mal à l'analyse chimique

où le rapport C/N varie peu ; mais elle peut s'observer sur le terrain par l'aspect du sol qui acquiert avec le temps une structure grumeleuse fine caractéristique de l'humus, alors qu'il se présentait à l'origine sous forme d'une litière fibreuse ; d'autre part, l'étude de la structure et des rapports de l'eau et du sol révèlent une profonde transformation physique de la matière organique après plusieurs années de drainage et de culture.

Technique d'étude.

L'étude de la structure se fait généralement sur le sol séché à l'air ; en ce qui concerne les sols tourbeux, il faut par contre éviter absolument une dessiccation trop importante ; l'analyse d'agrégats et la mesure des différents ϕF doit se faire sur un sol ressuyé, mais conservant un fort pourcentage d'humidité.

La matière organique, une fois déshydratée, ne peut plus se réhydrater ; ce phénomène s'observe également sur le sol en place, lorsque le drainage est trop profond et que la couche superficielle du sol est exposée au soleil. On obtient alors un sol motteux absolument stérile.

En dehors de la précaution qui consiste à opérer sur un sol humide, toutes les autres manipulations sont les mêmes que pour les sols classiques.

Résultats obtenus.

Les graphiques représentant l'indice général de structure et la résistance à l'engorgement montrent des résultats extrêmement variables ; plusieurs facteurs entrent en jeu pour déterminer les qualités physiques des sols :

- 1^o La nature du sol à l'origine.
- 2^o Les procédés de mise en culture et leur ancienneté.
- 3^o Les facteurs généraux de fertilité.

Expression des résultats.

Les résultats sont rapportés au volume de sol, tout résultat par rapport au poids sec est sans valeur, excepté le pourcentage total de matière organique qui est une caractéristique essentielle des sols organiques.

Classification des sols organiques.

L'étude des propriétés physiques a permis de faire les classifications suivantes :

% de matière organique par rapport au poids sec :

0 à 10	argile compacte
10 à 40	argile organique
40 à 52	tourbe argileuse
supérieur à 52	sol organique proprement dit ou tourbe brute.

La distinction entre tourbe argileuse et tourbe brute est importante au point de vue des propriétés physiques.

On distingue également suivant le profil :

— Les sols organiques profonds.

— Les sols organiques sur argile, ou sur argile organique.

Caractères physiques généraux.

Les sols organiques se caractérisent surtout par un poids spécifique apparent et un poids spécifique réel très bas.

Le poids spécifique apparent varie de 0,05 à 0,25 et le poids spécifique réel est en moyenne voisin de 1,5 (il est de 2,65 dans les sols normaux).

La porosité totale est donc très élevée et varie de 75 % à 98 %.

L'humidité équivalente, exprimée en volume, varie de 20 % à 45 % (en poids par rapport à la matière sèche elle peut atteindre 300 %).

La capacité pour l'air est donc très élevée ; variant de 30 à 80 %. Cependant les plus fortes différences relatives résident surtout dans la *teneur en eau utilisable* ($\phi F 3 - \phi F 4,2$), variant de 0 à 20 % et la *perméabilité* variant de 0,3 à 17 cm/heure. Ce sont ces trois dernières données qui différencient principalement les sols les uns des autres.

En règle générale, pour un sol de type donné, la perméabilité et surtout la teneur en eau utilisable augmentent avec la durée de mise en culture, ceci correspond bien à l'humification de la tourbe qui améliore ses propriétés hydrauliques en se transformant en sol véritable, ce qui est corrélatif à un net accroissement de fertilité.

L'indice général de structure est plus élevé, donc meilleur, dans les sols anciennement mis en culture : SABA 11 (22 ans de culture), B. M. 11 (21 ans de culture) (indice général de structure bon à très bon).

Par contre, certains sols vierges ou récemment mis en culture ont les indices de structure les plus bas : BDMT 21 (6 mois), SABA 41 (6 mois), SABA 31 (sol vierge) (Indice de structure mauvais à très mauvais). Néanmoins, suivant les cas, le sol débroussé peut produire dès la première année, parfois il faut plusieurs années de drainage et de chaulage avant d'obtenir

SOLS DE L'AGNEBY
Tourbes profondes

PRELEVEMENTS	SABA 61	SABA 62	SABA 51	SABA 52	GE 31	GE 32	BM 21	BM 22	GE 21	GE 22	SABA 41	SABA 42	BDMT 31	BDMT 32	SABA 21	SABA 22	SABA 31	SABA 32
Type de sol	tourbe évoluée	tourbe évoluée	tourbe deshydratée	tourbe peu évoluée	tourbe peu évoluée	tourbe très peu évoluée	tourbe très peu évoluée	mat. organique fibreuse	tourbe vierge									
Profondeur en cm	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50
Porosité totale %	75	85,4	83,2	92,4	81,4	93,7	83,3	94,3	88,6	91,0	92,2	98,1	86,8	93,8	94,2	95,7	91,6	94
Poids spécifique réel	1,34	1,36	1,516	1,767	1,46	1,49	1,47	1,46	1,49	1,43	1,731	3,0	1,57	1,408	1,63	1,17	1,24	1,58
Poids spécifique apparent	0,33	0,2	0,255	0,135	0,258	0,094	0,245	0,083	0,16	0,12	0,135	0,057	0,206	0,087	0,094	0,05	0,105	0,096
Humidité équivalente pF 3 (% du volume)	45,5	51,5	42,3	42,5	36,5	28,5	41,5	32,3	42,1	38,9	30,3	17,4	40,2	35	21,7	20,1	33	36,5
Point de flétrissement pF 4,2 (% du volume)	32,1	31,8	29,3	33	32,8	17,9	30,5	23	36,5	28,5	28,8	15,5	37,6	29,7	21,7	16,7	33	33
Teneur en air %	29,5	33,9	40,9	49,9	44,9	65,2	41,8	62	46,5	52,1	61,9	80,7	46,6	57,6	72,5	75,6	58,6	57,5
Porosité utile Pu %	42,9	53,6	53,9	59,4	48,6	75,8	52,8	71,3	52,1	62,5	63,4	82,6	49,2	63,1	72,5	79,0	58,6	61
Eau utilisable Eu %	13,4	19,7	13	9,5	3,7	10,6	11	9,3	5,6	10,4	1,5	1,9	2,6	5,3	0	3,4	0	3,5
Stabilité structurale S	76,5	41	68,6	57	86,8	80,8	35	58,4	64,2	73	60,6	27	44	59,6	55	89,3	66,2	41,2
Perméabilité K (cm/heure)	5,9	0,41	4,45	1,29	16	11,3	0,3	2,9	4,6	7,3	2,36	0,125	0,76	2,65	1,3	12,7	2,7	0,52
Observations	défriché depuis 20 ans	cultivé depuis 7 ans	cultivé depuis 7 ans et arrêt de la production	un an de culture parcelle inondée	4 ans de culture	plantation six mois	plantation 6 ans démarrage très difficile après 3 ans	sol infertile taches de bleu	sol vierge									

une production : BDMT 31 (production après 3 ans). Certains sols ne s'améliorent pas du tout, c'est le cas de SABA 21 ; il s'agit d'une zone mauvaise où les bananiers doivent être replantés tous les ans et où ils souffrent du Bleu malgré des apports de chaux magnésienne.

Il faut remarquer que dans ces derniers sols, non seulement l'indice de structure est mauvais, mais l'humidité édaphique est basse, ce qui est curieux pour des sols de marais.

Ce qui provoque d'importantes différences dans les propriétés des sols, c'est leur nature à l'origine en particulier la présence d'argile.

Les tourbes argileuses et les tourbes sur argile acquièrent rapidement en quelques années un indice de structure élevé, exemple BM 31, GE 41 (tourbes sur argile), BM 41 (tourbe argileuse).

Les argiles organiques, par contre, peuvent produire rapidement, mais leur indice général de structure varie assez peu dans le temps et reste assez médiocre, BDMT 11 (1 an) ; BDMT 41 (10 ans) ; GE 11 (9 ans), leur humidité édaphique est, par contre, assez bonne.

Ce sont les tourbes profondes qui subissent les plus importantes transformations avec le temps, ayant une très mauvaise structure à l'origine avec des humidités édaphiques très basses (SABA 31, SABA 41). Elles s'améliorent lentement, GE 21 (5 ans) et acquièrent en vieillissant une bonne structure (SABA 51, SABA 61 : 8 ans, 10 ans) et une humidité édaphique bonne.

Inversement la capacité pour l'air diminue dans les tourbes et les tourbes argileuses avec le vieillissement.

Ceci est dû au *tassement du sol* qui perd une partie de sa porosité, mais la perméabilité augmentant, la résistance à l'engorgement reste élevée (SABA 11, SABA 61, SABA 51). Ce qu'il faut dans ces cas, c'est éviter la dessication du sol provoquant la diminution de l'eau utilisable qui, aggravée par la forte perméabilité, donne au sol une humidité édaphique très basse et le rend impropre à la culture (GE 31, BDMT 43).

Dans les tourbes jeunes, les argiles organiques et les horizons de profondeur, la perméabilité baisse, mais la porosité acquiert des valeurs excessivement élevées, d'où une variation relativement faible de la résistance à l'engorgement qui reste en majorité dans les limites : assez bonne à exceptionnelle.

Seuls quelques cas isolés présentent des valeurs médiocres, alors que l'indice général de structure s'échelonne depuis les valeurs très bonnes jusqu'aux valeurs très mauvaises.

Cette bonne résistance à l'engorgement permet l'utilisation des sols organiques même avec une nappe phréatique très peu profonde (30 cm à 40 cm).

3. LES SOLS DE BANANERAIRES AUTRES QUE LES SOLS MARÉCAGEUX

On a pris l'habitude en Côte d'Ivoire de classer les sols d'après la nature de la roche mère, du fait de l'action généralement primordiale de la roche mère sur l'évolution du sol. Par exemple, les sables tertiaires

SOLS DE L'AGNEBY

Nature du sol	Tourbe un peu argileuse						Tourbe sur argile				Argile organique									
	BM 11	BM 12	SABA 11	SABA 12	BM 41	BM 42	BM 31	GE 41	GE 42	GE 11	GE 12	BDMT 11	BDMT 12	BDMT 41	BDMT 42	BDMT 21	BDMT 22	BDMT 43		
Numéro	BM 11	BM 12	SABA 11	SABA 12	BM 41	BM 42	BM 31	GE 41	GE 42	GE 11	GE 12	BDMT 11	BDMT 12	BDMT 41	BDMT 42	BDMT 21	BDMT 22	BDMT 43		
Profondeur en cm	0-20	40-50	0-20	40-60	0-20	40-50	0-20	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20	40-50	0-10		
Porosité totale %	81,2	97,3	79	92,1	84	92,1	83,3	89,9	95,2	83,3	91,6	93	88,4	80,5	92,1	88	89,9	49		
Poids spécifique réel	1,65	3,16	1,66	1,65	1,68	2	1,6	1,45	1,49	1,84	1,69	2,7	2,14	2,13	2,27	1,77	1,96	1,556		
Poids spécifique apparent	0,31	0,085	0,35	0,13	0,27	0,15	0,26	0,14	0,07	0,31	0,13	0,19	0,24	0,41	0,18	0,213	0,196	0,79		
Humidité équivalente pF 3 (% du volume)	38,2	28,7	37	35,6	43,4	40	42,7	40	29,5	39,3	34	34	32,7	39,5	22,5	36,5	37,5	27		
Point de flétrissement pF 4,2 (% du volume)	22	17,3	25,4	28,3	29,5	33,4	26,3	20,4	18,4	36,2	31,5	27,4	25,3	33,6	15	35,5	27,9	24,6		
Teneur en air %	43	68,6	42	56,5	40,6	52,1	40,6	49,9	66,7	44	57,6	59	55,7	41	69,6	51,5	52,4	22		
Porosité utile Pu %	59,2	80	53,6	63,8	54,5	58,7	57	69,3	76,8	47,1	60,1	63,6	63,1	46,9	77,1	52,5	62	24,4		
Eau utilisable Eu %	16,2	11,4	11,6	7,3	13,9	6,6	16,4	19,6	11,1	3,1	2,5	6,6	7,4	3,9	7,5	1	9,6	2,4		
Stabilité structurale S	60,4	67,4	89,7	51,4	59,8	40,8	91,9	39	66,8	60,2	58	40,6	33,7	46,8	38,4	28,8	35,6	82		
Perméabilité K (cm/heure)	2,05	3,85	15	1,4	3,4	0,67	17,5	0,53	2,9	3,55	1,57	0,44	0,53	1,18	0,48	0,23	0,76	8,3		
Observations	exploité depuis 21 ans sol évolué tassement de 120 cm	exploité depuis 22 ans sol évolué tassement de 80 cm	défrichement ancien exploitation récente	défrichement ancien exploitation récente	exploité depuis 4 ans	débroussé depuis 20 ans cultivé depuis 10 ans	terrain récemment défriché	10 ans de culture	terrain récemment défriché	mottes totalement sèches à la surface du sol										

de la zone côtière d'une part, les roches basiques d'autre part, impriment aux sols des caractères très particuliers. Néanmoins, les sols sur roches basiques peuvent différer considérablement suivant que l'on se trouve dans la zone des sols faiblement ferrallitiques ou ferri-sols. (Région Nord de Divo) ou dans la zone des sols ferrallitiques très lessivés (Région d'Alépé, Comoë). Enfin, en ce qui concerne les sols sur granites ou schistes, il est souvent très difficile de distinguer entre eux les sols ferrallitiques de plateau ; les sols de bas-fonds, par contre, sont généralement plus sableux dans le cas des granites.

Nous continuerons, pour des raisons d'ordre pratique, à adopter cette classification qui, bien qu'imparfaite, reste valable dans une région climatique donnée.

a) Sols sur sables tertiaires.

Nous ne donnons pas ici les propriétés physiques des sols sur sables tertiaires, car il n'y a pas de bonnes bananeraies installées sur plateau ou pente dans cette zone. Ces sols sont, en effet, chimiquement pauvres ; ils ont une rétention d'eau très faible et une perméabilité très élevée, ce qui leur confère une humidité édaphique très basse ; même sous climat à forte pluviométrie, les bananiers souffrent souvent de sécheresse dans ces sols (Coopérative Bananière de Brofodoumé) ; dans la zone côtière, les bonnes bananeraies de la zone des sables tertiaires sont installées dans les bas-fonds (exemple Agnéby) ou sur les bas de pente plus humides.

b) Sols sur granites.

En ce qui concerne les sols sur granite au contraire, ce sont les sols de plateau qui présentent le plus fréquemment des propriétés physiques ou chimiques favorables ; certains bas-fonds sont néanmoins utilisables.

Comme exemple nous avons les sols suivants :

- Plantation de MAMINI (Nord Akoupé) ;
- Plantation BASILE (Route N'Douci, Toumodi) ;
- Plantation BOSSARD (Nord-Ouest de Sassandra).

La plantation de Mamini est entièrement sur plateau.

Nous avons analysé un sol sous forêt (MM 5) et des sols défrichés depuis 1 et 2 ans.

Ces sols, moyennement argileux en surface, deviennent fortement argileux à 50 cm de profondeur.

Leur porosité totale est assez élevée, l'humidité équivalente est moyenne mais la différence (humidité équivalente — point de flétrissement), qui est moyenne dans le sol sous forêt, s'abaisse assez fortement dans les sols mis en culture. La perméabilité de ces sols, qui varie de 4 à 7 cm/heure, est moyenne également.

L'indice général de structure, qui est moyen à assez bon dans le sol sous forêt, devient médiocre dans les sols cultivés (MM 21, MM 11) ; l'humidité édaphique, assez bonne dans le sol sous forêt, s'abaisse assez nettement après culture.

La capacité pour l'air et la résistance à l'engorgement sont très bonnes, qu'il s'agisse du sol sous forêt ou des sols cultivés. Les propriétés physiques de ces

sols sont très correctes au départ, elles se dégradent assez vite sous culture.

Les sols de la Plantation Basile, après un an de culture, ont des propriétés voisines de celles de Mamini ; l'indice de structure est légèrement supérieur ainsi que l'humidité édaphique ; la résistance à l'engorgement est un peu plus faible mais néanmoins bonne.

Les sols de la Plantation Bossard occupent des bas de pentes et bas-fonds ; ils sont exploités également depuis 1 an et 2 ans. L'échantillon BOS. 1 (bas-fond) possède en surface des propriétés très voisines de Basile 1 : porosité assez bonne, humidité équivalente moyenne, eau utilisable assez médiocre, très bonne teneur en air, perméabilité moyenne ; l'indice général de structure est moyen, l'humidité édaphique assez bonne, la résistance à l'engorgement très bonne.

Par contre, en profondeur, on note une perméabilité très basse et une humidité édaphique très élevée, ce qui est dû, vraisemblablement, aux caractères hydro-morphes de cet horizon.

L'échantillon BOS. 31 a des propriétés physiques d'ensemble beaucoup plus médiocres que BOS. 11 en raison du faible taux de matière organique = 0,95 % contre 2,4 % (BOS. 11).



En résumé les sols sur granites ont une structure assez bonne à l'état vierge, devenant moyenne, parfois médiocre, après culture. L'humidité édaphique est correcte, elle peut être élevée en profondeur dans les sols de bas-fonds ; la résistance à l'engorgement est bonne à très bonne dans tous les sols.

c) Sols sur schistes birrimiens.

Sols de plateaux et pentes.

Échantillons analysés :

- Plantation SAINTE-THERÈSE à Azaguié (ST. 1-2 et 3) ;
- Plantation Walter SCHLATTERER à Azaguié (WS. 1-3 et 4).

Dans l'ensemble, les sols de plateau et pente sur schistes ont des propriétés très voisines des sols de plateau sur granites.

Le sol sous forêt (ST. 11) a des propriétés très voisines du sol sous forêt (MM. 51, granite) : structure assez bonne, humidité édaphique moyenne, très bonne résistance à l'engorgement.

De même que dans les sols sur granite, la structure se dégrade après culture ; dans ST. 21 et ST. 31 (1 à 2 ans de culture), la structure n'est plus que moyenne ; par contre, l'humidité édaphique reste inchangée et elle est en moyenne légèrement supérieure à celle des sols cultivés sur granite ; la résistance à l'engorgement reste bonne à très bonne.

Dans les sols de la Plantation Walter SCHLATTERER (WS. 11-WS. 31), la structure est plus dégradée : médiocre dans WS. 11 elle devient nettement mauvaise dans WS. 31. Ce dernier sol cultivé depuis 15 ans ne donne plus que de faibles rendements malgré de gros amendements ; c'est le sol dont l'indice général de structure est le plus bas.

La résistance à l'engorgement est également plus faible dans ces deux sols, moyenne dans WS. 11, elle devient très médiocre dans WS. 31 en raison de la perméabilité très basse ; par contre, l'humidité édaphique reste constante et assez élevée.

Le sol WS. 41, qui est un bon terrain, possède un indice de structure plus élevé, et une résistance à l'engorgement très bonne.

Il est intéressant de noter que, dans tous ces sols, la dégradation de la structure ne modifie pas l'humidité édaphique, ce dernier facteur semble être une constante d'un type de sol donné.

PHOTO 1. — Marais de l'Agneby. Végétation de Raphia gigantea. (Photo Leneuf.)

PHOTO 2. — Parcette en voie de déforestation : abattage et brûlage des bois ; établissement du drainage. Lisière de forêt à Symphonia.
(Photo Lencuf.)



Sols de bas-fonds et bas de pente.

Les échantillons analysés sont les suivants :

- Plantation SAINTE-THÉRÈSE à Azaguié (ST. 5-7) ;
- Plantation GELIN à Agboville (GEL. 1-2-3) ;
- Plantation ESCAILLET à Abgoville (LES. 1-2) ;
- Plantation Walter SCHLATTERER à Azaguié (WS. 5).

Les sols de bas-fonds sur schistes ou micaschistes, parfois mélangés avec des alluvions, sont en moyenne moins argileux que les sols de plateau, par contre, ils sont très riches en sable fin et pauvres en sable grossier, ce qui leur confère certaines propriétés physiques.

GEL. 11, moyennement argileux, a une humidité édaphique très élevée en surface et encore plus élevée en profondeur, ce qui permet à ce sol de ne pas souffrir de la sécheresse et de donner de bonnes récoltes.

Par contre, GEL. 31, beaucoup plus sableux, a une humidité édaphique plus faible et souffre de la sécheresse ; GEL. 41 a des propriétés intermédiaires ; ces sols sur alluvions ont une structure assez médiocre, leur résistance à l'engorgement assez bonne en surface

devient très médiocre en profondeur et ces sols nécessitent fréquemment un drainage.

Les sols de bas-fond de la plantation SAINTE-THÉRÈSE (ST. 5 et ST. 7) se diffèrent peu *en surface* des sols de plateau ; la structure est sensiblement la même moyenne à assez bonne (en particulier ST. 7 est un sol de bas-fond assez riche) ; leur humidité édaphique est identique ; la résistance à l'engorgement est très bonne.

Par contre, *en profondeur*, on note une très forte humidité édaphique (ST. 72) identique à celle de la Plantation GELIN (GEL. 12-GEL. 42) avec une perméabilité très basse et une résistance à l'engorgement très médiocre.

Les sols de la Plantation ESCAILLET (LES. 1-LES. 2) se trouvent sur micaschiste ; malgré une texture peu argileuse, mais riche en sable fin, leur humidité édaphique en surface est élevée ; la structure est meilleure sous forêt (LES. 21) que sous culture (LES. 11) ; l'indice de structure passe de assez bon à médiocre, sous l'influence de la culture ; l'humidité édaphique reste constante, la résistance à l'engorgement est assez



PHOTO 3. — Vue générale de la zone de bananeraies sur les sols tourbeux de l'Agneby, à la limite des collines de sable tertiaire.
(Photo Lencuf.)

SOLS SUR GRANITES

SOLS SUR ROCHES BASIQUES

Topographie	plateau		plateau		plateau		plateau		bas fonds		bas de pente	sol en pente			zone de plateau		zone basse	
Numéro	BAS 11	BAS 12	MM 11	MM 21	MM 22	MM 51	BOS 11	BOS 12	BOS 31	IRO 861	IRO 862	IRO 881	BAF 0	BAF 1	BAF 21	BAF 22		
Profondeur en cm	0-10	40-60	0-15	0-10	40-50	0-10	0-10	40-60	0-10	0-15	40-50	0-20	0-10	0-10	0-10	40		
Porosité totale % du volume	50,5	52,5	59	58	62	55	59	60	51	68	70,2	64	61,5	52,5	59	55,5		
Humidité équivalente pF 3 (% du volume)	15,6	17,2	16,8	18,5	22	20,4	16,7	21,5	12,7	32,5	29	29,3	23	20,5	20	18,2		
Point de flétrissement pF 4,2 (% du volume)	8,6	12,2	12,8	13,6	15,6	11,2	10,1	13,4	8,75	22,3	23,5	19,7	16	10,2	13,7	8,61		
Teneur en air A % du volume	34,9	35,3	42,2	39,5	40	34,6	42,3	38,5	38,3	35,5	41,2	34,7	38,5	32	39	37,3		
Porosité utile Pu %	41,9	40,3	46,2	44,4	46,4	43,8	48,9	46,6	42,25	43,7	46,7	43,3	45,5	42,3	45,3	46,8		
Eau utilisable Eu %	7	5	4	4,9	6,4	9,2	6,6	8,1	3,95	10,2	5,5	9,6	7	10,3	6,3	9,6		
Stabilité structurale S	66,8	50,6	66,4	65,5	64,2	71,6	65,4	39,4	59,2	70,9	47,2	66,6	69,8	45	72,8	50,6		
Perméabilité K (cm/heure)	3,4	1,95	4,3	4,5	5,8	7,2	3,55	0,95	3,35	3,6	1,08	2,27	2,75	1,31	5,3	1,96		
Observations	plantation 1 an	plantation 18 mois	plantation 1 an	forêt	plantation 2 ans	plan-	plan-	sols chimiquement riches propriétés physiques assez bonnes	plantation ancienne	brousse secondaire sol assez sec								

SOLS SUR SCHISTES

Topographie	bas de pente	bas fonds		pente			bas de pente	bas fonds	pente	plateau	pente	bas fonds
Numéro	ST 51	ST 71	ST 72	ST 11	ST 21	ST 31	LES 11	LES 21	WS 11	WS 31	WS 32	WS 41
Profondeur en cm	0-10	0-15	40-50	0-10	0-10	0-10	0-10	0-20	0-20	0-15	30-40	0-15
Porosité % du volume	51,5	56	57	59	55,5	60	53	59,5	49,5	63,5	64	62,5
Humidité équivalente pF 3 (% du volume)	14,4	17	20	19,3	14,4	18,4	16	19,6	18,5	20	14,8	20,8
Point de flétrissement pF 4,2 (% du volume)	6,5	7,55	9,4	10,4	7,65	10,9	7,8	8,35	9,75	16	12,6	12,8
Teneur en air A % du volume	37,1	39	37	39,7	41,1	41,6	37	39,9	31	33,5	42,9	41,7
Porosité utile Pu %	45	48,45	47,6	48,6	47,85	49,1	45,2	51,15	39,75	47,5	51,4	49,7
Eau utilisable Eu %	7,9	9,45	10,6	8,9	6,75	7,5	8,2	11,25	8,75	4	2,2	8
Stabilité structurale S	69,2	69,8	30,4	74,9	70,2	60,2	52,8	56,6	58,8	43,8	28,6	67,3
Perméabilité K (cm/heure)	5	4,06	0,33	6,1	3,4	2,37	1,9	2,3	1,96	0,7	0,24	3,55
Observations	plan-	bas fonds	assez riches	sol de forêt	plan-	jeune plan-	plan-	débrouss-	sol	très dé-	10 ans de culture	hydromorphe de profondeur
	station 1 an	assez riches		forêt dégradée	station 1 an	plan-	station 1 an	forêt dégradée	assez dégradé	15 ans de culture	faibles rend.	bon terrain

SOLS SUR ALLUVIONS

Topographie	Flat alluvial sur roche basique			Terrasse ancienne			Zone basse		Terrasse plane			Terrasse plane				
Numéro	OR 1	OR 2	OR 3	BAC 41	BAC 51	BAC 52	GRA 11	GRA 21	MOT 31	MOT 32	MOT 41	GEL 11	GEL 12	GEL 31	GEL 41	GEL 42
Profondeur en cm	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	40-60	0-10	0-10	0-10	40-60	0-20	0-15	50-60	0-20	0-20	50-60
Porosité % du volume	51,5	57	60	53	49	55,5	55	55	62	65,5	62	56	59	56	54	55,5
Humidité équivalente pF 3 (% du volume)	19,9	16,6	20,8	15,6	17,6	18,7	14	17,4	25,5	25,7	20,2	17,2	16,5	12	14,2	14,8
Point de flétrissement pF 4,2 (% du volume)	10,3	9,6	12,2	8,2	10,2	15	7,3	9,3	10,4	16,7	8,45	6,7	8,35	7,8	7,3	8,8
Teneur en air A % du volume	31,6	40,4	39,2	37,4	31,4	36,8	41	37,6	36,5	39,8	41,8	38,8	42,5	43	39,8	40,7
Porosité utile Pu %	41,2	47,4	47,8	44,8	38,8	40,5	47,7	45,7	51,6	48,8	53,65	49,3	50,65	48,2	46,7	46,7
Eau utilisable Eu %	9,6	7	8,6	7,4	7,4	3,7	6,7	8,1	15,1	9	11,75	10,5	8,15	5,2	6,9	6
Stabilité structurale S	56	58	58	65,9	61,6	52	63	66,7	48,8	38,2	32,2	45,2	28,4	70,4	57,6	32,4
Perméabilité K (cm/heure)	2,65	2,65	2,65	4,25	3,5	1,88	3,95	4,45	1,12	0,59	0,74	1,36	0,52	5,4	2,5	0,43
Observations	vieille plantation			forêt dégradée			plantation 20 ans moyenne		plantation médiocre		sol engorgé		plantation 3 ans bon terrain humide		plantation 4 ans drainage	



PHOTO 4. — Bananeraies sur sols tourbeux de l'Agneby. Brise-vent de bambous protégeant les bananiers. En arrière-plan, forêt à *Symphonia*. (Photo Leneuf.)

bonne en surface ; ces sols nécessitent quelques travaux de drainage.

Le sol WS. 5 de la Plantation Walter SCHLATTERER est très sableux en surface et a une humidité édaphique



un peu plus faible que la moyenne des sols sur schistes, par contre en profondeur, sous l'action de l'hydromorphie, sa perméabilité devient très basse et son humidité édaphique élevée. Sa résistance à l'engorgement, très bonne en surface, est médiocre en profondeur.

En résumé les sols sur schistes ont des propriétés physiques voisines de celles des sols sur granites ; leur structure assez bonne à l'origine sous forêt et dans les plantations bien entretenues peut se dégrader sous l'influence de la culture et devenir mauvaise ; l'humidité édaphique est en moyenne un peu plus élevée dans les sols sur schistes que dans les sols sur granite, ceci est surtout sensible dans le cas des sols sur micaschistes ; enfin, dans les bas-fonds, les sols sur schistes présentent une très faible perméabilité en profondeur et nécessitent souvent un drainage.

d) Les sols sur alluvions.

Comme exemple de sols sur alluvions, nous avons les plantations suivantes :

- Plantation C. I. A. A. au Nord de Motobé sur la Comoë ;
- Plantation BANACOMOE au Nord d'Akoupé, sur la Comoë ;
- Plantation ORANGE à Singrobo, sur alluvions du Bandama.

PHOTO 5. — Forêt de la Bia hydrophile (type à Mapania) sur grano-diorite. (Photo Leneuf.)



PHOTO 6. — Route Lakota-Sassandra Côte d'Ivoire : forêt débroussée pour l'installation de bananeraies africaines, avec chaos granitiques. (Photo Leneuf.)

— Plantation GRANDERIE sur alluvions du Sassandra.

Les propriétés de ces sols présentent plus de variétés que dans le cas des sols sur schistes ou granites.

Les sols des Plantations BANACOMOE (BAC. 41-BAS. 51) et GRANDERIE (GRA. 11-GRA. 21) ont des propriétés très voisines des sols sur schistes : structure moyenne, humidité édaphique moyenne, résistance à l'engorgement bonne et très bonne en surface, assez bonne en profondeur. Ces sols sont en effet assez peu argileux et moyennement riches en limon et sable fin.

Les sols de Motobé, par contre, sont un peu plus argileux et très riches en limon et sable fin, il en résulte une humidité édaphique très élevée ; le sol MOT. 31, qui a un indice de structure assez bon et une résistance à l'engorgement moyenne, donne des récoltes moyennes. Par contre, le sol MOT. 41, dont la perméabilité est très basse, l'indice de structure très médiocre, la résistance à l'engorgement plutôt médiocre, manque de drainage et d'aération ; il y a souvent pourriture des racines inférieures ; les propriétés physiques mesurées sont tout à fait en accord avec les observations sur le terrain (en particulier l'humidité édaphique est la plus élevée et la résistance à l'engorgement la plus basse de tous les sols de bananeraies).

La Plantation ORANGE a des propriétés intermédiaires, humidité édaphique assez élevée en moyenne (plus élevée que la moyenne des sols sur schistes), structure moyenne à médiocre, résistance à l'engorgement assez bonne à bonne. Ces sols résistent donc très bien à la sécheresse, et ne souffrent pas de phénomènes

d'engorgement sauf dans les cuvettes non drainées ; il serait seulement nécessaire d'améliorer un peu la structure par du paillage, et d'évacuer l'eau excédentaire des zones basses.

e) Les sols sur roches basiques.

Nous avions étudié en détail les propriétés de ces sols dans le rapport sur la région Nord de Divo. Ils se caractérisent généralement par une très bonne stabilité structurale qui s'accompagne parfois d'une forte perméabilité (terres brunes) et seulement d'une perméabilité moyenne dans le cas des sols rouges ferrallitiques (IRO. 861). La perméabilité diminue toujours assez nettement en profondeur.

La porosité et l'humidité équivalente sont élevées, mais le point de flétrissement est *toujours très élevé*. L'humidité édaphique est seulement moyenne (terres rouges), parfois médiocre en surface (terres brunes) ; elle est moyenne en profondeur ; par contre la résistance à l'engorgement est très bonne (terres rouges), parfois exceptionnelle (terres brunes).

Les terres rouges possèdent donc des propriétés physiques d'ensemble meilleures que les terres brunes dans lesquelles les bananiers ont tendance à souffrir de la sécheresse. L'indice de structure qui est assez bon (IRO. 861) peut être bon et parfois très bon dans le cas des terres brunes ; la forte teneur en matière organique donne au sol une structure très grumeleuse et très stable en surface, mais il faut une bonne pluviométrie pour obtenir de très bonnes récoltes sur ces sols.

(A suivre.)

LES SOLS DE BANANERAIES DE LA COTE-D'IVOIRE⁽¹⁾

(Fin)

par B. DABIN et N. LENEUF

Pédologues.

Maitres de Recherches à l'O. R. S. T. O. M.

4. LES SOLS : TENEURS EN OLIGO-ÉLÉMENTS

Sur un certain nombre d'échantillons de sols choisis en fonction de leur origine géologique, de leur position topographique et de leur ancienneté d'exploitation, les dosages de certains oligo-éléments ont été réalisés :

Mn — Fe — Cu — Zn — Mo — Co — V

L'extraction a été effectuée par une solution acétique à 2,5 % à pH 2,5 — 40 g. de sol sont mis en contact et agités dans 800 cm³ de cette solution pendant 16 heures. Le dosage des oligo-éléments est effectué par spectrographie d'arc. Les résultats sont exprimés en p.p.m. (parties par million).

Le premier intérêt de ces dosages a été de donner des indications sur les échelles de variations des teneurs en oligo-éléments pour les principaux types de sols de bananeraies, et de montrer les rapports éventuels de ces variations avec la roche-mère et les influences culturelles. Ce travail n'est qu'un premier dégrossissement de l'étude des oligo-éléments dans le sol et de leur influence sur la nutrition minérale du bananier : il permettra peut-être de déceler ou de prévoir des phénomènes de carence ou de toxicité, lorsque les conditions culturelles provoqueront des modifications profondes dans l'état physico-chimique des sols.

Les résultats obtenus par la méthode d'extraction à l'acide acétique à 2,5 % ne donnent pas forcément des teneurs en oligo-éléments susceptibles d'être assimilables par le bananier : cependant, ils pourront servir de premiers tests pour des comparaisons avec les résultats d'un diagnostic foliaire et donneront une première impulsion à des études plus détaillées sur cette question très importante des oligo-éléments. Le dépouillement des résultats a été fait pour l'horizon organique superficiel. Des indications seront données dans certains profils sur l'évolution des teneurs en oligo-éléments en profondeur.

MANGANESE

Cet oligo-élément présente l'échelle de variations la plus vaste dans l'horizon organique des divers sols de bananeraies : 3 à 1 788 p. p. m.

Nous distinguerons :

- des sols à haute teneur en Mn : < 100 p. p. m.
- des sols à moyenne teneur en Mn : 10 à 100 p. p. m.
- des sols à faible teneur en Mn : > 10 p. p. m.
- *Sols à haute teneur en Mn (> 100 p. p. m.).*

Ce sont :

1. Tous les sols sur roches basiques (dolérites ou amphibolites) du type ferrallitique ou hydromorphe, où les teneurs maximum en Mn sont en relation très étroite avec la teneur en matière organique. (Sols de Groh et Brimbo (Bafecao) : 126 à 1 788 p. p. m.).
2. Des sols sur alluvions peu profondes reposant sur une zone d'altération de roches basiques : sols de la plantation Orange à Singrobo : 119 à 250 p. p. m.
3. Des sols organiques tourbeux, peu épais, reposant sur des argiles alluviales et ayant reçu de fortes fumures minérales à base de chaux, chaux ma-

gnésienne et scories. Sols de la plantation SGAC, route Dabou : 244 p. p. m.

4. Quelques sols de zone granitique, sur plateau (235 p. p. m. à Mamini-2) ou en bas-fonds (149 p. p. m. à Bossard 1).

5. Un sol hydromorphe en zone schisteuse de culture ancienne : 297 p. p. m. à Walter-Schlatterer-5.

Dans l'ensemble de ces sols dont la teneur en Mn est supérieure à 100 p. p. m., nous avons fréquemment des teneurs élevées en matière organique : les valeurs du pH sont presque toujours supérieures à 6 et peuvent s'étaler jusqu'à 8.

— *Sols à faible teneur en Mn (< 10 p. p. m.).*

(1) Voir *Fruits*, vol. 15, n° 1, p. 3 à 27.
vol. 15, n° 2, p. 77 à 88.

Ce sont des sols de zone schisteuse sous forêt ou forêt récemment débroussée (Sainte-Thérèse 1 et 2), des sols tourbeux de l'Agnéby ou des vallées lagunaires n'ayant encore reçu aucun amendement, des sols sur alluvions de la basse Comoë (Motobé).

Le pH de ces sols est toujours très acide : variation de 3,8 à 5,10. Les teneurs en matière organique sont faibles dans les sols non tourbeux (0,6 à 2,0 %).

— *Sols à teneur moyenne en Mn (10 à 100 p. p. m.).*

Une large gamme de sols est représentée entre ces limites. La répartition des valeurs de 10 en 10, de 0 à 100 p. p. m., montre un groupement très important entre 0 et 50 p. p. m., avec une pointe de 0 à 30 p. p. m., et un petit groupement de valeurs entre 60 et 90 p. p. m. (voir fig. 1).

Ces valeurs les plus fortes, supérieures à 50 p. p. m., correspondent en général à des sols de zone schisteuse améliorés au point de vue minéral par des amendements et engrains (profils WS 4, GEL 3), à des sols de zone granitique qui semblent avoir à l'origine des teneurs assez fortes en Mn (plantations Mamini et Bossard), à des sols tourbeux d'exploitation ancienne, très enrichis en chaux, chaux magnésienne et scories (Nicky : BM 1), et à des sols à hydromorphie temporaire sur allu-

vions anciennes (Granderie et Bana-comoë),

Quelques résultats, obtenus sur des horizons profonds, montrent que les teneurs en Mn décroissent très rapidement en profondeur (30 à 50 cm) dans la plupart des sols. Elles deviennent parfois très faibles (sols hydromorphes de zone schisteuse ou des vallées lagunaires) : elles se maintiennent à des valeurs plus élevées dans les sols lessivés de granites ou de roches basiques.

Citons un cas particulier où la teneur en Mn croît en profondeur : alluvions de la Comoë à Motobé.

En résumé, nous avons une échelle très vaste de teneurs en Mn. Dans la plupart des sols, les teneurs en Mn sont modérées et il n'y a pas de risques de toxicité dans les sols à $\text{pH} < 5$. Dans les sols à teneur supérieure à 100 p. p. m., en particulier sur roches basiques, la présence d'une quantité importante de Mn peut laisser présager des risques de toxicité si un abaissement important du pH survenait à la suite d'excès cultureaux. Il serait intéressant de doser dans ces sols d'autres formes de Mn (Mn échangeable ou Mn facilement réductible), formes qui ont des rapports plus étroits que Mn acétique avec la physiologie et la nutrition minérale de la plante. Une autre remarque s'impose également, c'est l'apport très important de manganèse avec

les amendements et fumures minérales:

— DAMOLON et BROUET (1914) : 3,93 à 5,54 % de manganèse total dans les scories Thomas.

1,50 à 3,57 % de manganèse soluble dans l'acide acétique, dans les mêmes scories.

— YOUNG (R. S.) (1935) :

0,147 à 0,162 % de manganèse total dans les phosphates naturels.

— TURNER (P. E.) (1903).

0,029 à 0,052 % de manganèse dans la chaux de Trinidad (cité par LEROUX, 1951).

Nous citerons les chiffres suivants pour les sols ayant reçu de fortes améliorations minérales (chaux, chaux magnésienne et scories).

— Plantation SGAC, km 17, route Dabou.

Sol de plantation (BAR 1) : 224 p. p. m.;

Sol de marécage non exploité (BAR 3) : 5 p. p. m.

— Plantation Bonjour-Martinet au Nicky.

— Plantation ancienne (BM 1) : 84 p. p. m. Plantation récente (BM 4) (1957) : 5 p. p. m.

— Zone schisteuse d'Azaguïé.

— Plantation ancienne (WS 4) : 67 p. p. m. Forêt (ST 1) : 5 p. p. m.

FER

Les teneurs en Fe extractible à l'acide acétique à 2,5 % sont réparties de 0,4 à 117 p. p. m. Un tableau représentant la fréquence des valeurs rencontrées de 5 en 5 p. p. m. montre un groupement important décroissant de 0 à 20 p. p. m., une autre groupement moins important de 25 à 35 p. p. m., quelques valeurs de 40 à 50 p. p. m. et une valeur isolée à 117 p. p. m. (voir fig. 2).

Les teneurs les plus faibles (0 à 5 p. p. m.) sont observées dans des sols à pH relativement élevé, fréquemment supérieur à 6. Les teneurs supérieures à 5 p. p. m. ne semblent pas avoir de relations particulières avec le pH qui peut varier pour les différentes catégories (5 en 5 p. p. m.) de 4 à 6, en moyenne, restant cependant dans un domaine nettement acide.

Parmi les valeurs les plus élevées,

nous avons des sols sur schistes et sur sables tertiaires dont le pH ne dépasse pas 6,5.

Les sols tourbeux sont répartis dans l'ensemble de l'échelle (0 à 50 p. p. m.).

En profondeur, la teneur en Fe est proche de celle de l'horizon superficiel ; elle aurait plutôt tendance à croître dans certains sols hydromorphes (BAR 3- ST 7-NH 1 et 3).

CUIVRE

Les teneurs en cuivre se répartissent de 0,2 à 13,5 p. p. m. ; mais la plupart

des valeurs sont comprises entre 0,2 et 1,5 p. p. m.

Les teneurs supérieures à 2 p. p. m. peuvent être considérées comme rela-

tivement riches. Nous y trouvons différents types de sols parmi lesquels nous citerons :

— des sols tourbeux : *plantation Bonjour-Martinet* :

3-4 et 7 p. p. m. pour des sols assez récemment exploités et encore peu enrichis au point de vue minéral.

Plantation SGAC, route Dabou :

4,5 p. p. m. pour une terre très fortement amendée.

— des sols mal drainés sur alluvions : Motobé : 2 p. p. m.

— un sol de bas-fond de zone schisteuse encore sous forêt :

Niaho 6 : 4 p. p. m.

— un sol ferrallitique sur granite :

Mamini 1 : 3,5 p. p. m.

— un sol ferrallitique sur roche basique sous forêt :

Iro 86 : 13, 5 p. p. m.

Pour les teneurs variant de 0,9 à 2 p. p. m., nous avons un certain lot de sols tourbeux cultivés, de sols de bas-fonds schisteux et de sols sur roches basiques.

Les teneurs les plus faibles en cuivre de 0,2 à 0,3 p. p. m. sont trouvées dans des sols de marécages non cultivés (BAR. 3), de tourbes vierges (GB 7) ou sous forêt en zone schisteuse (ST 1 et 2, MAF 2, ABRA 2), dans un sol de bas-fonds de zone granitique (BOS 1) et certaines zones d'alluvions (Orange et Banacomoë).

L'amélioration de certaines teneurs

en cuivre semble être due en partie aux incidences culturales :

— Présence de cuivre dans les phosphates naturels : 0,29 à 1,8 mg pour 100 g dans des phosphates d'AFN (GRAMMONT, 1924).

— Apports par les bouillies cupriques de la lutte contre la cercosporiose.

Nous citerons quelques chiffres assez caractéristiques :

— SGAC. (Route Dabou) : Plantation : 4,5 p. p. m.; marécage : 0,2 p. p. m.

— Nieký-Agnéby. Plantation : 1 à 7 p. p. m., tourbe vierge : 0,5 p. p. m.

— Région Azaguié. Plantation : 0,5 à 1,2 p. p. m., forêt : 0,3 p. p. m.

Pour des valeurs très faibles, les teneurs en cuivre semblent augmenter légèrement en profondeur.

ZINC

Les teneurs en Zn se répartissent de 0,44 à 11,1 p. p. m. pour l'ensemble des échantillons ; les valeurs sont surtout groupées entre 0,4 et 4 p. p. m. avec une pointe particulièrement accusée entre 1 et 2 p. p. m. (voir tableau 4), ce qui correspond à une moyenne plutôt faible.

Parmi les sols les mieux pourvus en Zn (4 à 11 p. p. m.), nous trouvons tous les sols tourbeux ou argileux des plantations du Nieký et de certains secteurs des vallées lagunaires. Il n'y a pas eu enrichissement indirect par des apports minéraux puisque dans ce lot sont inclus des sols vierges tourbeux : 3,7 p. p. m. pour GB 7-7,03 p. p. m. pour BAR 3, alors que le sol cultivé voisin contient 5,86 p. p. m.

Deux sols sur roches basiques (Bafe-

cao et Iro 88), deux sols de bas-fonds de zone schisteuse (ST 7 et WS 5) sont également inclus dans ces sols les mieux pourvus en Zn (> 4 p. p. m.).

Parmi les sols les moins bien pourvus (2 p. p. m.), nous pouvons citer de nombreux sols sur schistes, les sols sur granites (Bossard 1 et 3 Basile 1, Mamini 2 et 5), les sols sur sables tertiaires, en plateau (GB 1) ou en bas-fonds (GB 4 et 6), des sols sur alluvions (Orange 1 et 2), Motobé 3 et 4, Banacomoë 4 et 5).

Les sols sous forêt en zone schisteuse ont des teneurs faibles (< 2 p. p. m.). Les sols sous forêt en zone de roches basiques ont des teneurs légèrement plus élevées (> 3 p. p. m.).

Selon M. PINTA, les teneurs en Zn

sont considérées comme correctes de 3 à 15 p. p. m., faibles et susceptibles de provoquer des carences lorsqu'il y a moins de 3 p. p. m. de Zn, et surtout moins de 1 p. p. m.

Or, suivant les observations de M. MOITY en Guinée, il semblerait que la carence en Zn, pour le bananier, se manifeste à des teneurs nettement plus élevées (moins de 8 à 10 p. p. m.). Si ce fait se vérifiait en Côte d'Ivoire, nous pourrions considérer la plupart des sols comme carencés et susceptibles de recevoir des apports de cet oligo-élément.

— Possibilités d'apports de Zn pour les phosphates naturels (5 à 27 mg pour 100 g dans les phosphates d'AFN, GRAMMONT, 1924), le nitrate de soude du Chili et la sylvinitre.

MOLYBDÈNE

Les teneurs en molybdène sont réparties sur une échelle très réduite pour des valeurs faibles : (0,01 à 0,06 p. p. m.) traduisant pour l'ensemble des sols une teneur générale très faible en cet élément et des différences peu significatives.

La plupart des échantillons ont des teneurs inférieures à 0,02 p. p. m. (47 sur 53 analyses).

Parmi les profils ayant une teneur

supérieure à 0,02 p. p. m., nous pouvons citer :

— les sols de zone tourbeuse :

BM 3 et BM 4 ($< 0,03$ et $< 0,04$ p. p. m.) : sols de plantations récentes,

BDMT 4 ($< 0,03$ p. p. m.) : argile organique,

GB 7 (0,05 p. p. m.) : tourbe vierge,

BAR 3 (0,04 p. p. m.) : sol marécageux organique vierge.

— Un sol de bas-fonds en zone schisteuse :

NH 2 ($< 0,03$ p. p. m.).

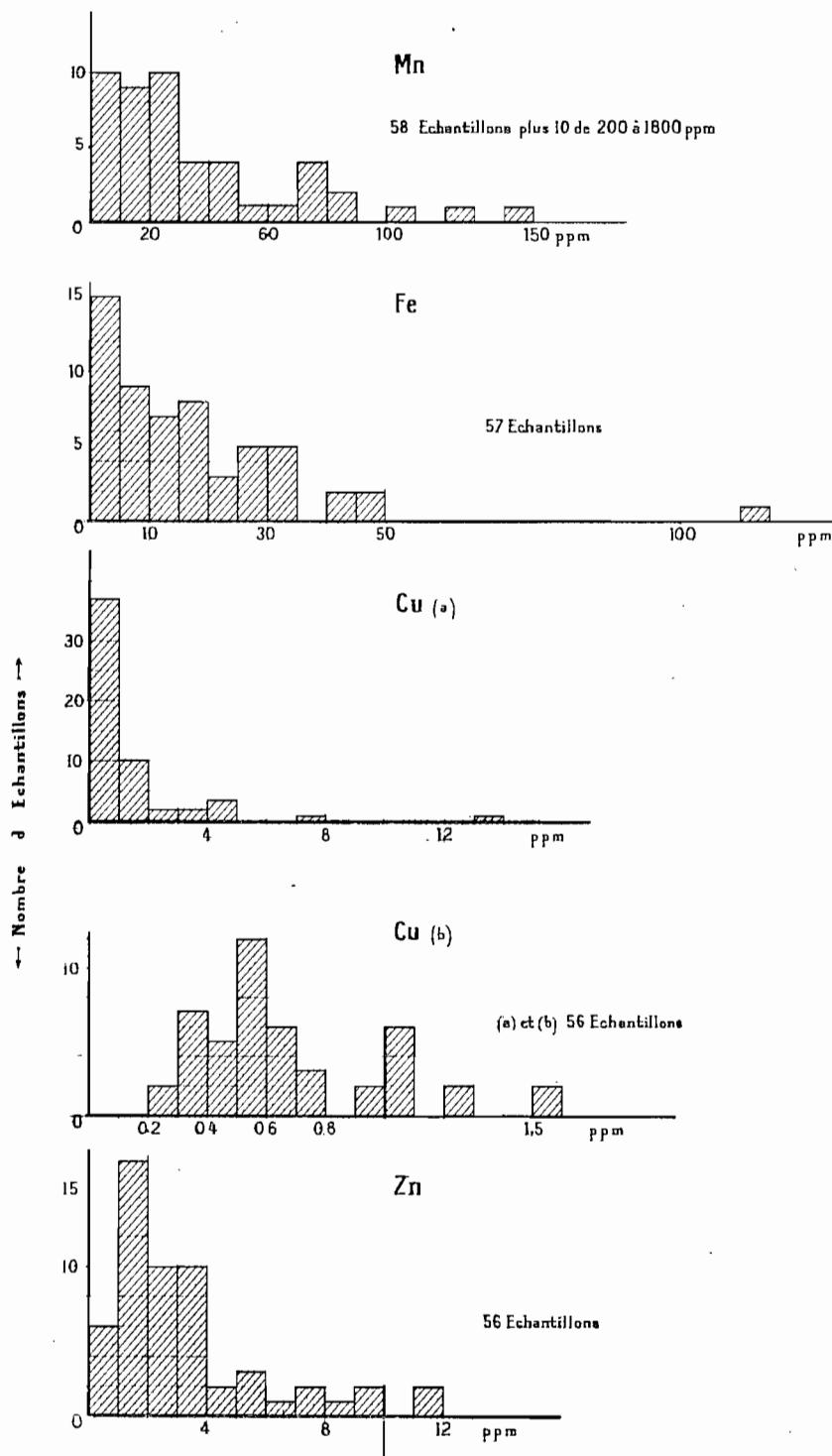
— Un sol hydromorphe sur roche basique :

Bafacao ($< 0,06$ p. p. m.).

Les teneurs en Mo sont sensiblement équivalentes en profondeur, exceptionnellement plus élevées (profil BAR. 3 variant de 0,03 à 0,05 p. p. m.).

SOLS DE BANANERAIES DE CÔTE D'IVOIRE

RÉPARTITION DES TENEURS EN OLIGOÉLÉMENTS (Mn, Fe, Cu, Zn) EXTRACTIBLES A ...
... L'ACIDE ACÉTIQUE A 2,5%. (HORIZON SUPERFICIEL 0/15 cm)



Z. 8 : 3,4 p. p. m. (sol ferrallitique sur dolérite).

Dans ces profils, les teneurs s'abaissent très rapidement à moins de 1 p. p. m. en profondeur.

Pour des valeurs situées entre 0,1 et 1 p. p. m. nous citerons les autres sols sur roches basiques, ou alluvions en contact avec ces roches, des sols sur alluvions (BAC, MOT), tous les sols sur granites (MM, BOS et BAS) et

quelques sols de bas-fonds en zone schisteuse (ST 7, GEL 1, LES 1, NH 3).

Les teneurs inférieures ou égales à 0,03 p. p. m. se retrouvent seulement dans certains sols tourbeux de l'Agnéby et vallées lagunaires, mais surtout dans les sols de zone schisteuse (plateau ou bas-fonds).

Les apports minéraux dans les plantations ne semblent pas avoir augmenté la teneur des sols en cobalt. Dans la

zone schisteuse, les sols sous forêt ou de plantations très récemment débroussées ont en général de meilleures teneurs en cobalt. La teneur en cobalt semble en relation assez étroite avec l'état d'évolution de la matière organique.

Les teneurs supérieures à 0,1 p. p. m. peuvent être considérées comme satisfaisantes. Les teneurs inférieures ou égales à 0,02 p. p. m. sont faibles.

De ces différents résultats sur les teneurs des sols de bananeraies en oligo-éléments, nous pouvons tirer quelques remarques générales.

— Mn : est facilement extrait et particulièrement abondant dans les sols issus de roches basiques et en proportion importante dans les sols sur granites. L'accumulation de Mn dans l'horizon superficiel se fait grâce à une matière organique très évoluée, à C/N bas et à un pH voisin de la neutralité. Mn est par contre peu abondant dans les sols très acides sous forêt ou les tourbes dont la matière organique peu évoluée a un C/N très élevé. Mn peut être apporté en abondance dans le sol par des amendements et engrais et notamment par les scories Thomas.

— Co : suit les lignes générales d'évolution de Mn : abondant dans les sols sur roches basiques et sols sur granites à matière organique évoluée. La culture semble avoir abaissé les teneurs en Co du sol, en particulier en zone schisteuse. Les apports minéraux n'ont pas modifié les teneurs en Co.

— Fe : extractible par l'acide acétique est très faible dans les sols issus de roches basiques à pH neutre et à matière organique très évoluée. Ce fait laisserait prévoir des phénomènes de chlorose dans ces sols dont la teneur totale en Fe est particulièrement élevée, ce qui semble, à priori, assez improbable.

— Mo, V, Cu, Zn présentent leurs teneurs les plus élevées en sols tourbeux ou mal drainés, dont la matière organique a un C/N relativement élevé et exceptionnellement sur des sols issus de roches basiques. Les proportions parfois relativement importantes de Cu et V peuvent résulter d'incidences culturales.

5. FERTILITÉ DES SOLS DE BANANERAIES

LA MATIÈRE ORGANIQUE

Alors que tous les agronomes s'accordent à reconnaître l'utilité d'apporter au sol des amendements humiques, certains admettent difficilement une corrélation entre le taux de matière organique d'un sol et sa fertilité ; or à notre avis la matière organique est un des éléments de base de la fertilité du sol.

Il faut d'abord s'entendre sur le terme matière organique, car il faut différencier la matière organique brute de la matière humifiée. Dans les sols, nous avons généralement un mélange des deux et, si nous faisons les dosages globaux de carbone et d'azote, le rapport C/N s'échelonne dans la grande majorité des cas de 7 à 13.

Les valeurs plus élevées indiquent une matière organique à décomposition lente (sols de bas-fonds).

Si nous nous limitons aux cas les plus fréquents (C/N de 7 à 13), et si nous considérons des intervalles assez

larges dans les teneurs en matière organique, les taux d'azote total correspondants sont les suivants :

N %	Matière organique %
0,1 à 0,25	0,17 à 0,43
0,25 à 0,45	0,43 à 0,76
0,45 à 0,8	0,76 à 1,35
0,8 à 1,5	1,35 à 2,55
1,5 à 3	2,5 à 5,1
3 à 6	5,1 à 10,1

Nous observons, en passant d'une catégorie à la catégorie supérieure, un accroissement net de la fertilité générale du sol ; encore faut-il comparer des sols se trouvant dans des conditions de drainage correct et possédant des propriétés physico-chimiques suffisamment voisines. Il n'est pas possible de comparer au point de vue fertilité les teneurs en matière organique

d'un sol de plateau bien drainé et à $\text{pH} = 6$ et d'un sol de bas-fond inondé et à $\text{pH} = 4,5$.

Par contre deux sols normalement drainés et possédant le même pH sont tout à fait comparables dans les intervalles que nous avons définis et pour un rapport C/N voisin de 10.

Inversement, pour une même teneur en matière organique et pour un drainage correct, la fertilité sera d'autant plus élevée que le pH sera lui-même plus élevé ; par exemple, dans les limites de pH : 4 à pH : 8 et en ne tenant compte que des différences supérieures ou égales à 0,5 unité/pH, à condition également que le sol possède un complexe absorbant suffisant, que le pH soit en corrélation avec l'accroissement du taux de bases et qu'un équilibre correct existe entre les cations.

Ceci n'est vrai que pour les sols tropicaux où l'évolution de la matière organique du sol est rapide ; en climat tempéré, surtout dans le cas des sols calcaires, il existe des formes de matière organique d'une stabilité très grande.

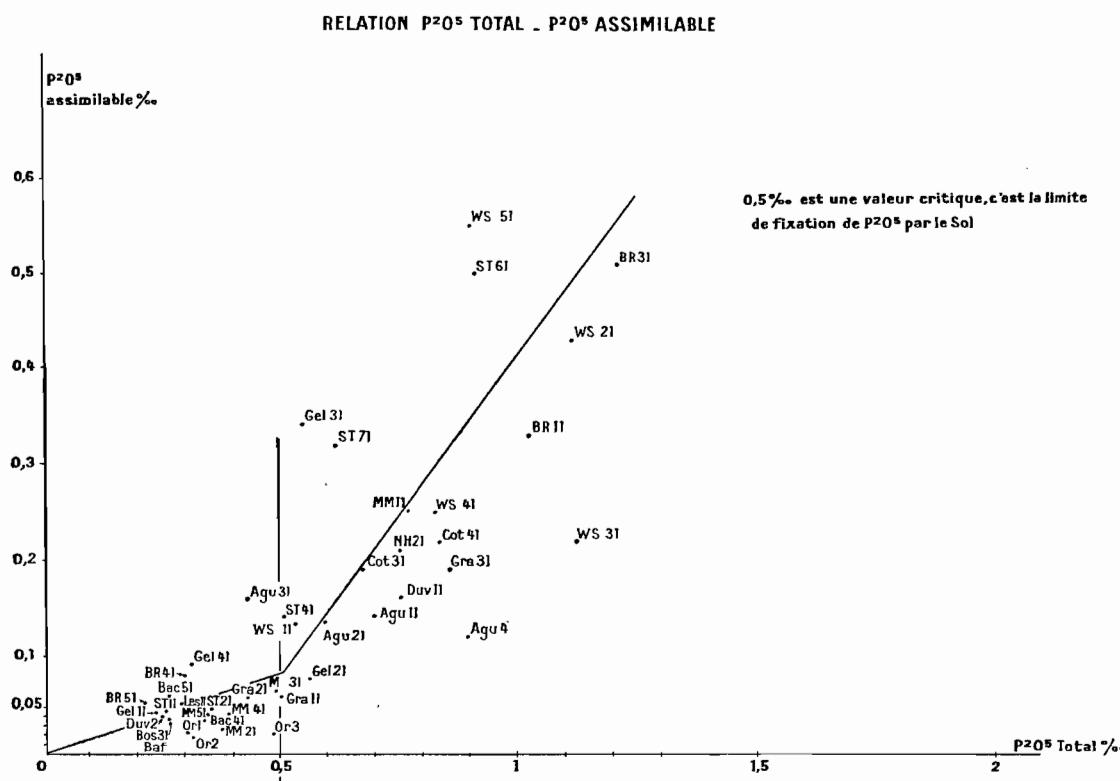
L'action de la matière organique sur la fertilité générale est difficile à définir, car très complexe ; elle agit autant par la réserve d'azote minéralisable que par les différentes propriétés physiques et physico-chimiques qui lui sont liées.

Au-delà de 10 % de matière organique totale, il n'est plus possible d'établir une corrélation avec la fertilité, cette matière organique s'accumulant dans des conditions particulières, improches à la minéralisation.

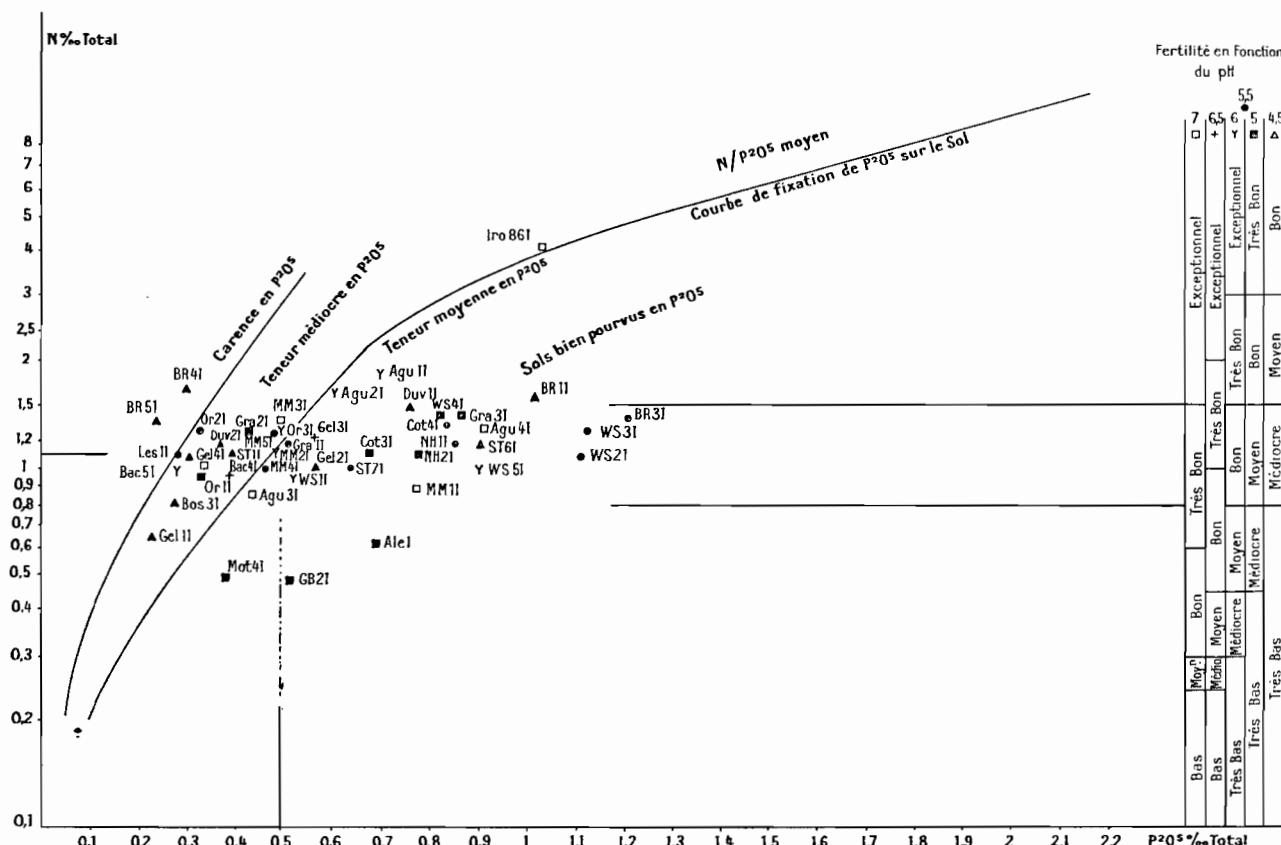
De toute façon, quelle que soit la teneur en matière organique du sol à l'origine, cette matière organique est très fragile et il sera toujours nécessaire de prévoir des amendements humiques et des engrains azotés pour maintenir de hauts rendements ; néanmoins, il est préférable de ne pas partir d'un sol trop pauvre, il est plus facile de maintenir la fertilité naturelle d'un bon sol, que d'enrichir artificiellement un sol pauvre surtout en ce qui concerne la matière organique ; d'autre part, dans les sols forestiers, de nombreux éléments fertilisants sont liés à la matière organique, et si l'on a au départ de bons rendements en banane, c'est un facteur important de réussite d'une plantation surtout en milieu africain.

2. LES BASES ÉCHANGEABLES

Le taux global de bases échangeables S indique l'importance des réserves d'un sol à l'origine ; ce taux de bases peut permettre de prévoir, soit l'épuisement rapide d'un sol, soit le maintien d'une bonne fertilité



**RELATION N°TOTAL-P₂O₅TOTAL-pH - et FERTILITÉ
(B. DABIN)**



pendant plusieurs années. La valeur de S, combinée avec celle du ρH , permet de déterminer au départ le besoin du sol en amendements calcaires ; d'autre part, l'équilibre $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$ donne rapidement des indications sur les besoins en magnésie ou potasse, et permet d'orienter la correction du sol pour éviter en particulier la maladie du Bleu.

L'analyse du sol permettra donc, sans toutefois déterminer les doses, de guider utilement le planteur dans le choix de ses engrains et l'urgence de leur application.

Les normes adoptées sont les suivantes :

*Réserve des bases échangeables
(milliéquivalents pour 100 g)*

inférieur à 1,5 : réserve faible
1,5 à 3 — médiocre
3 à 6 — moyenne

6 à 12 — bonne
12 à 24 — très bonne
24 à 48 — exceptionnelle

(échelle valable surtout pour les sols ferrallitiques ou hydromorphes des régions tropicales humides.)

*Teneur en K₂O
(milliéquivalents pour 100 g)*

inférieur à 0,1 : mauvais
0,1 à 0,2 : médiocre
0,2 à 0,4 : moyen
0,4 à 0,6 : bon
0,6 à 1 : très bon

Le rapport moyen CaO, MgO, K₂O est le suivant :

CaO = 10
MgO = 5
K₂O = 0,5

MgO/K_2O ne doit pas être inférieur à 4 (apparition du Bleu par carence en MgO) et ne doit pas être supérieur à 25 (carence en K^+O par excès de MgO).

Ces rapports sont surtout valables dans le cas de teneurs peu élevées en K_2O ou MgO .

3. LE PHOSPHORE

Certains agronomes s'accordent à reconnaître une valeur assez faible du phosphore en culture bananière, néanmoins il ne faut pas que le sol soit trop pauvre en cet élément qui joue un rôle important dans le métabolisme biologique du sol. La fatigue d'un sol se manifeste surtout par l'épuisement du phosphore assimilable.

Le phosphore est dosé sous forme totale par l'acide nitrique concentré et sous forme dite assimilable par l'acide citrique à 2 % ; le phosphore total est généralement lié à la matière organique dans l'horizon supérieur ; ce phosphore organique est très peu soluble (d'après P. H. Nye).

Néanmoins, suivant la valeur du rapport N/P_2O_5 , une partie du phosphore peut se trouver libérée à l'état assimilable.

Dans les sols où la teneur en matière organique et azote total est moyenne (environ 1% N), le rapport N/P_2O_5 ne doit pas être supérieur à 2.

Lorsque N/P_2O_5 est supérieur à 2, le taux de P_2O_5 assimilable est généralement très bas, environ 10 % du P_2O_5 total.

Lorsque N/P_2O_5 est inférieur à 2, on observe un accroissement rapide du taux de P_2O_5 assimilable.

Nous avons représenté sur un graphique, P_2O_5 assimilable en fonction de P_2O_5 total. Lorsque le taux de P_2O_5 total dépasse 0,5 % en moyenne (0,45 à 0,65 %) le taux de P_2O_5 assimilable augmente rapidement, le taux d'azote des divers échantillons varie de 0,9 % à 1,5 %.

Dans les bananeraies, c'est l'apport d'engrais minéraux qui permet d'accroître d'une façon importante la teneur en acide phosphorique assimilable. Si P_2O_5 assimilable n'est pas maintenu, par des apports d'engrais, il diminue rapidement.

La valeur critique du rapport N/P_2O_5 peut varier avec la teneur en matière organique du sol. Dans le cas des sols très humifères (N environ 3 %), ce rapport ne doit pas dépasser 4.

Cette valeur critique du rapport N/P_2O_5 a été représentée graphiquement. Nous portons N total en ordonnée sur une échelle logarithmique (pour un rapport C/N de 7 à 13, N représente le taux d'azote total et

est en corrélation étroite avec le taux de matière organique). Nous portons P_2O_5 total en abscisse. Une courbe moyenne représente l'équilibre N/P_2O_5 moyen, c'est-à-dire la courbe moyenne de fixation du phosphore par la matière organique, dans un très grand nombre de sols de l'Afrique occidentale.

Lorsque les points se trouvent à gauche de la courbe, P_2O_5 est fixé en majeure partie sur la matière organique sous forme peu assimilable ; lorsque les points se trouvent à droite de la courbe, une partie du phosphore n'est pas fixée et se trouve à l'état assimilable ; la teneur en P_2O_5 assimilable est d'autant plus grande que les points s'éloignent davantage à droite de la courbe. Ces données sont surtout valables dans le cas des horizons supérieurs humifères ; dans certains horizons de profondeur pauvres en matière organique et très riches en fer, le phosphore total peut être fixé sur des composés du fer.

Dans le même graphique une échelle représente le niveau moyen de fertilité du sol en fonction du pH.

QUELQUES EXEMPLES CHIFFRÉS

Il est difficile d'appliquer dans le détail notre échelle de fertilité, établie pour des cultures sans engrais, car la grande majorité des plantations bananières reçoivent des engrais. Néanmoins, cette échelle indique :

— pour pH : 4,5 une fertilité moyenne lorsque N est supérieur à 1,5 %, une fertilité médiocre pour N compris entre 0,8 % et 1,5 % et une fertilité basse au-dessous de N : 0,8 % ;

— pour pH : 5 la fertilité est moyenne au-dessus de N = 0,8 %, médiocre pour N compris entre 0,5 % et 0,8 % mauvaise au-dessous de N : 0,5 %.

Comme exemples de plantations mauvaises ou médiocres au point de vue chimique, nous avons :

$$GB2 = N : 0,53 \% \quad pH = 4,9$$

$$ALE1 = N : 0,63 \% \quad pH = 5$$

$$MOT4 = N : 0,5 \% \quad pH = 5$$

Dans d'autres plantations, la mauvaise fertilité est plutôt en relation avec de mauvaises propriétés physiques.

La très grande majorité des plantations a une teneur en azote comprise entre 0,8 % et 1,5 % ; le pH est compris entre 5 et 6 avec une moyenne de 5,5 ; la fertilité naturelle varie de moyenne à bonne suivant le pH. Dans toutes ces plantations, nous avons des rendements corrects dès la première année, et la production se maintient par le paillage et les engrais.

Quelques plantations possèdent une très bonne fertilité dès le départ : par exemple, à la Coopérative de Groh, N = 3 %, pH = 7 ; à la plantation AGUIR, N = 1,3 à 1,6 % à pH = 6,5 à 7 ; (depuis 20 ans se maintiennent des rendements de l'ordre de 40 t/ha dans ces carrés).

L'élévation du pH est toujours en relation avec un accroissement du taux de base.

Inversement, lorsque le taux d'azote est supérieur à 1,5 %, nous pouvons avoir d'assez bonnes récoltes

même pour un pH de 4,5, à condition d'apporter des engrains potassiques ; mais dans ce cas nous observons souvent un déséquilibre K₂O/MgO par excès de K₂O et l'apparition du Bleu.

Exemple = Plantation DUVERNET (DUV. 1, DUV 2).

Enfin, dans le cas des sols de l'Agnéby, très riches en matière organique et avec apport d'engrais azotés, le pH des sols peut descendre jusqu'à 4,5 la fertilité restant élevée. Néanmoins l'apport massif d'engrais potassiques provoque souvent l'apparition du Bleu.

CONCLUSIONS

Le mémoire que nous venons de présenter a un caractère essentiellement pédologique. Il a été basé sur la prospection, l'observation des plantations, l'analyse des sols, etc. Il ne comporte par contre aucune expérimentation rationnelle sur l'utilisation des engrais et amendements ; seule la comparaison des traitements utilisés dans différentes plantations peut nous conduire à des conclusions pratiques sur la fertilisation.

Ces conclusions rejoignent d'ailleurs celles qui ont été formulées dans l'excellente étude de J. CHAMPION, F. DUGAIN, R. MAIGNIEN et Y. DOMMERGUES, parue dans la revue *Fruits* (vol. 13, nos 9-10, 1958) : *Sur les sols de Bananeraies et leur amélioration en Guinée* et dans laquelle une très large part a été faite à l'expérimentation agronomique. Nous ne pouvons mieux faire que de reprendre les conclusions concernant l'utilisation des engrais et amendements, d'autant plus qu'un assez grand nombre de conditions générales (teneurs en matière organique, pH, capacité d'échange, équilibre de bases) présentent des analogies suffisantes avec celles des sols des bananeraies de la basse Côte d'Ivoire.

La différence essentielle entre les sols de bananeraies de Guinée et celles de Côte d'Ivoire réside surtout dans les propriétés physiques originelles beaucoup plus variables en Côte d'Ivoire qu'en Guinée, où 60 % des plantations sont situées en bas-fonds. D'après les conclusions des auteurs cités, il n'y a pas de « différences fondamentales au point de vue physique entre les sols de ces plantations ». Par contre, en Côte d'Ivoire, les bananeraies sont installées sur une gamme beaucoup plus étendue de types de sols, en particulier sur pentes et plateaux et les caractéristiques physiques (structures et bilan d'eau) jouent un rôle important dans la qualité des plantations.

La production bananière étant actuellement en pleine extension en Côte d'Ivoire, beaucoup de planteurs possédant un terrain en forêt désirent y faire du bananier. Nous insisterons tout particulièrement sur l'importance de la prospection pédologique préalable pour le choix du terrain, si l'on désire éviter de coûteux échecs.

Facteurs physiques.

Indépendamment de l'étude du sol en place, qui renseigne sur la texture, la structure, la profondeur du sol, l'hydromorphie, l'importance des facteurs topographiques, etc., nous avons utilisé, en les adaptant, des méthodes d'analyse physique qui, bien que pratiquées en laboratoire et assez conventionnelles, ont l'énorme avantage de pouvoir être effectuées en série au même rythme que les analyses chimiques.

Les méthodes d'interprétation utilisées ont montré une bonne corrélation entre les résultats et les observations en place.

Nous avons vu en particulier que la plupart des sols utilisables devaient avoir un *Indice de structure* au moins moyen à médiocre en surface et au plus bas médiocre à très médiocre en profondeur ; les sols ayant un indice de structure très médiocre en surface et mauvais en profondeur donnent généralement des rendements très bas.

En ce qui concerne les sols de plateau, le facteur *humidité édaphique* en surface joue un rôle important dans la résistance du sol à la sécheresse. C'est ainsi que les sols sur sables tertiaires, très perméables en surface et ayant une rétention d'eau insuffisante, ne peuvent pas convenir au bananier ; une teneur minima en argile est donc nécessaire en sol de plateau. Inversement, en sol de bas-fond, *l'indice de drainage et la résistance à l'engorgement* jouent un rôle essentiel ; au plus bas, les sols doivent être moyens en surface et en profondeur.

Les sols médiocres en surface, médiocres à très médiocres en profondeur, souffrent d'un excès d'eau ; ils doivent

être abandonnés ou faire l'objet d'importants travaux de drainage et parfois être améliorés (cas des sols sodiques).

L'analyse physique a montré également que la structure pouvait se dégrader rapidement sous culture, en particulier sous l'influence de l'érosion ; la protection antiérosive est un facteur important du maintien de fertilité dans les sols de pente et de plateau de Côte d'Ivoire.

Facteurs chimiques.

En ce qui concerne les facteurs chimiques de la fertilité, nous avons insisté sur l'importance de la teneur en matière organique au départ, surtout en sol de plateau, car elle conditionne la qualité de la structure et la réserve en éléments fertilisants ; pour le reste, nous sommes absolument d'accord avec J. CHAMPION et F. DUGAIN en ce qui concerne l'importance primordiale du paillage et des composts ainsi que des engrains azotés pour l'obtention de hauts rendements et le maintien de la fertilité.

Nos conclusions sont identiques en ce qui concerne l'action du pH sur le rendement des bananeraies qui peut doubler entre $\text{pH } 4,5$ et 6 ; nous avons montré en revanche que la richesse en azote du sol pouvait, dans une certaine mesure, compenser l'acidité. Néanmoins, l'emploi d'engrais acidifiants (sulfate d'ammoniaque) doit être corrigé par des amendements basiques (CaO, MgO). Le contrôle du pH des bananeraies est une opération qui devrait être effectuée régulièrement, afin de maintenir les bananeraies à un pH suffisamment élevé. Les doses de chaux à employer dépendent de la capacité d'échange du sol et de son taux de saturation en bases au départ.

L'utilisation de la potasse et l'influence du rapport $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$ sur la maladie du Bleu nous conduit à des conclusions identiques pour les sols de Côte d'Ivoire à celles obtenues dans les sols de Guinée.

La limite supérieure de ce rapport varie dans les deux cas de 0,25 à 0,3 (pour des teneurs assez faibles en MgO et K_2O exprimées en milliéquivalents) (1).

Les conclusions concernant le phosphore peuvent être différentes suivant que l'on considère de jeunes plantations sur débroussaillement forestier ou des plantations déjà anciennes qui ont reçu d'importantes quantités d'engrais phosphatés.

La plupart des sols de bananeraies de Guinée sont dans le dernier cas et sont riches en phosphore. En Côte d'Ivoire nous pouvons conclure, d'une manière assez générale, que les sols n'ayant pas au moins 0,5 % de P_2O_5 total et 0,2 % de P_2O_5 assimilable ont besoin d'engrais phosphatés. Dans les sols dont les teneurs sont nettement supérieures à ces chiffres, on peut diminuer ou même supprimer les apports de phosphates. Sur l'ensemble des sols de plantation, la moitié environ est supérieure à la limite indiquée, l'autre moitié est inférieure. Certains sols sont très pauvres en phosphore ; dans ce cas, l'analyse du sol doit être un guide même précieux pour le planter dans le choix de ses engrais.

En ce qui concerne les formes d'engrais à utiliser, le fractionnement des doses, le mode d'application, etc., il faut avoir recours à une expérimentation qui n'est plus du domaine de la pédologie proprement dite ; cette science permet seulement de suivre dans le sol les effets des traitements utilisés et assure ainsi le contrôle de l'expérimentation.

BIBLIOGRAPHIE

1. BERLIER (Y.), DABIN (B.), LENEUF (N.). — Comparaison physique, chimique et microbiologique entre les sols de forêt et de savane sur les sables tertiaires de la basse Côte d'Ivoire. *C. R. VI^e Congrès Intern. Sc. Sol*, Paris, 1956, V-81, p. 499-502.
2. CHAMPION (J.), DUGAIN (F.), MAIGNEN (R.), DOMMERGUES (Y.). — Les sols de bananeraies et leur amélioration en Guinée. *Fruits*, 1958, vol. 13, n^os 9-10, p. 415-452, 43 fig., Annexes, p. 453-462.
3. DABIN (B.). — Reconnaissance pédologique du secteur de la Comoé dans la région d'Alépé (Côte d'Ivoire). *Rapport inédit O. R. S. T. O. M.*, 1957, 31 p., 1 carte.
4. LAPLANTE (A.). — Étude pédologique générale schématique de la basse Côte d'Ivoire applicable à la culture de la banane. *Rapport inédit O. R. S. T. O. M.*, 1948.
5. LENEUF (N.). — Prospections pédologiques dans la moyenne et basse vallée de Bandama (Côte d'Ivoire) en 1953-54. *Rapport inédit O. R. S. T. O. M.*, 1954, 63 p., 6 cartes.
6. LENEUF (N.). — Les sols sur « roches vertes » en zone forestière de Côte d'Ivoire, leur vocation bananière et cacaoyère. *C. R. VI^e Congrès Intern. Sc. Sol*, Paris, 1956, V-86, p. 529-532.
7. LENEUF (N.) et DE LA SOUCHÈRE (P.). — Marais de l'Agnéby. Étude pédologique du tracé du drain principal. *Rapport inédit O. R. S. T. O. M.*, 1958, 19 p., 1 carte, 1 coupe. Annexes analytiques, 243 p.

(1) Nous avons indiqué comme limite $\text{MgN}/\text{K}_2\text{O}$ non inférieur à 4.

8. LENEUF (N), SOUCHÈRE (P. DE LA), DABIN (B.). — Contribution à l'étude pédologique de la région N.-E. de Divo (Côte d'Ivoire). Édité par *Cobafruit*, 61 p., 9 fig., 10 tab., 1 carte au 1/50 000. Annexes, 23 p.
9. LOUÉ (A.). — La nutrition minérale du cafier. Édition 1957, *Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville*.
10. MAIGNIEN (R.). — Sols à bananiers de la région de Kindia (Guinée française). *Agronomie Tropicale*, 1955, n° 1, p. 60-78.
11. MONNIER (G.). — Études pédologiques sur la Station d'Azaguié (Côte d'Ivoire). *Annales I. F. A. C.*, 1953, n° 10, 33 p., 1 carte.
12. PORTERES (R.). — Les terres tourbeuses organiques des marais de l'Agnéby. *Agronomie Tropicale*, 1950, n° 5-6, p. 268-291.

LISTE DES ABRÉVIATIONS EMPLOYÉES
POUR LA DÉSIGNATION DES PROFILS DES DIFFÉRENTES PLANTATIONS

ABRA	Bananeraies d'Adzope, route de Mbasso.	BOS	Plantation Bossard (N.-W. de Sasandra), 1958.	MAF	Coopérative du Mafou (Adzope), 1958.
AGU	Plantation Aguir à Agboville, 1958.	BR	Plantation SGAC à Azague, 1958.	MM	Plantation Bonjour à Mamini (N. Akoupe), 1958.
AIE	Coopérative de Brofodoume près Petit Alèpe, 1957.	COT	Plantation Cotivor (N. d'Anyama), 1958.	MOT	Plantation Ciaa à Motobe (Comoë), 1958.
BA	Prélèvements Bafecao et Orange (Prospection Bandama, 1953).	DUV	Plantation Duvernet à Azague, 1958	NH	Plantation H. de Quatre Barbe au Niaho, 1958.
BAC	Plantation Banacomoë (N.-E. d'A-koupe), 1958.	GB	Plantation Guy de Breecy, route de Davou, 1958.	ORA	Plantation Orange à Singrobo, 1958.
BAF	Plantation Bafecao (1954).	GE	Plantation Gentil au Nieky (Agnebi), 1958.	SABA	Plantation Saba au Nieky (Agnebi), 1958.
BAR	Plantation SGAC, km 17, route Dabou, 1958.	GEL	Plantation Gelin à Agboville, 1958.	ST	Plantation Sainte-Thérèse à Azague, 1958.
BAS	Plantation Basile à N'Douci, 1958.	GRA	Plantation Granderie à Sassandra, 1958.	WS	Plantation Walter-Schalterer à Azague, 1958.
BDMT	Plantation BDMT au Nigky (Agnebi), 1958.	IRO	Coopérative de Groh (N. Divo), 1958.	Z	Prélèvements sur piste Groh-Zemiri (N. Divo), 1958.
BL	Plantation Blondet (à Azague), 1958.	KIC	Plantation Kichler au Teke, 1958.		
BM	Plantation Bonjour-Martinet au Nieky (Agnebi), 1958.	LES	Plantation Lescaillet à Agboville, 1958.		



**III - Étude sur la fertilité des sols de la plaine
bananière du Cameroun**

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 référerons 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 planter, 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 échantilloné 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 radiculaire 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 vint-

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
25-50 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 TRENTÉ PRÉLÈVEMENTS

Mat.	N total	K échan-geable	Ca échan-geable	Mg échan-geable	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 obligatoirement 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 étaillées.

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 : $25 < T < 30$ meq %. La capacité de la matière organique varie de 250 à 350 meq %, 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

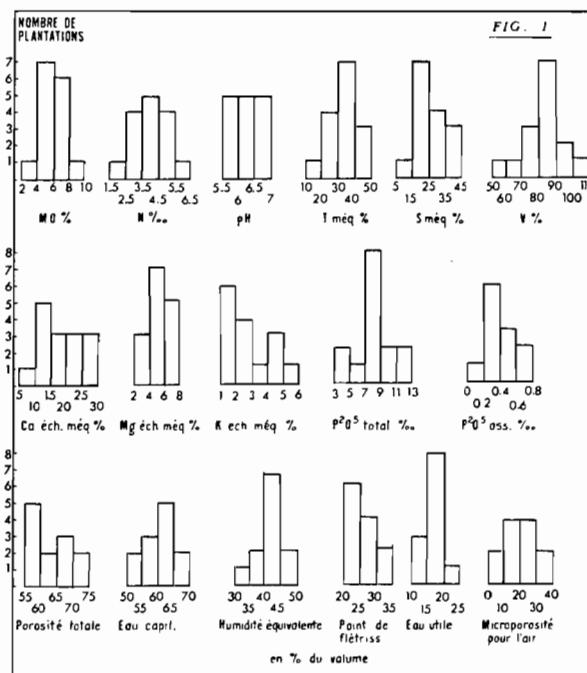
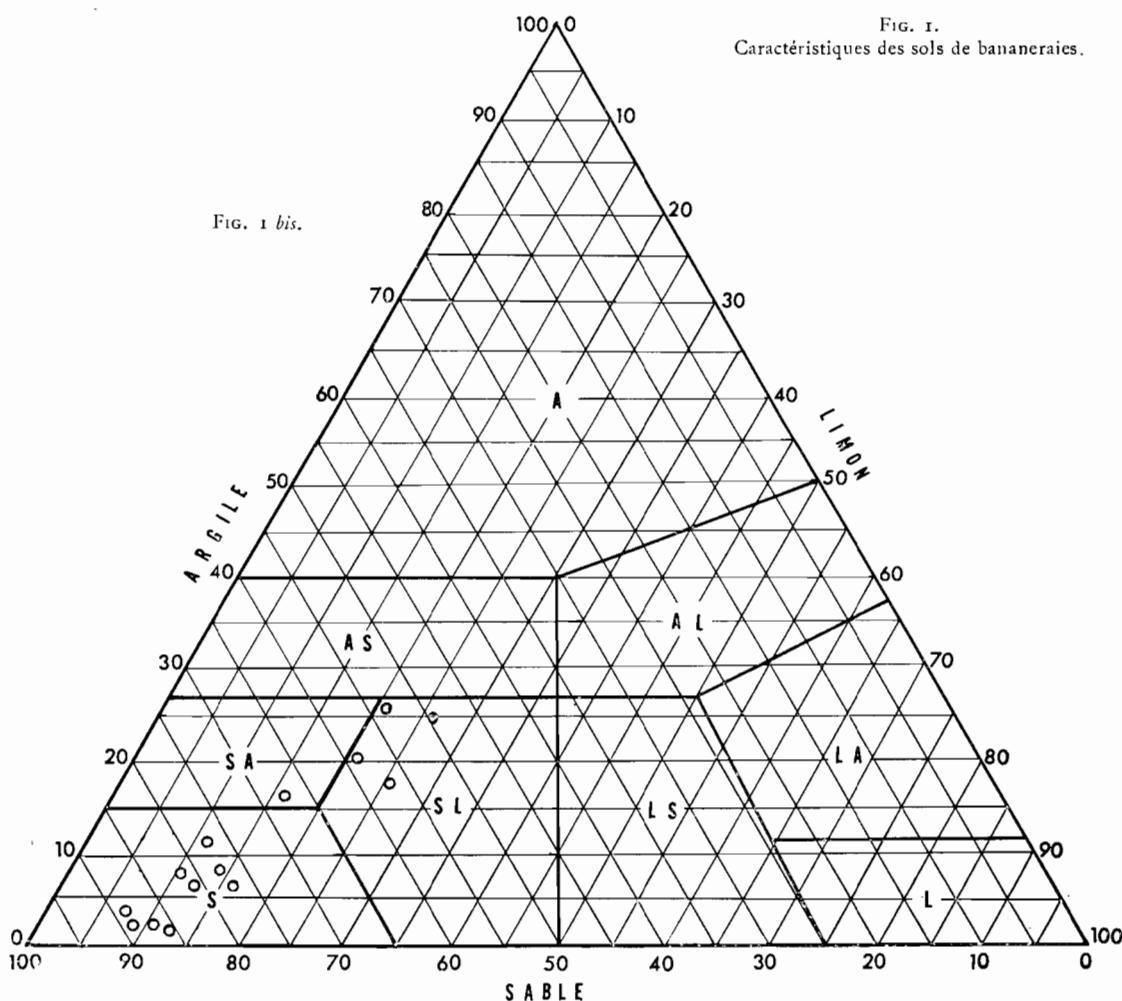


FIG. 1.
Caractéristiques des sols de bananeraies.

FIG. 1 bis.



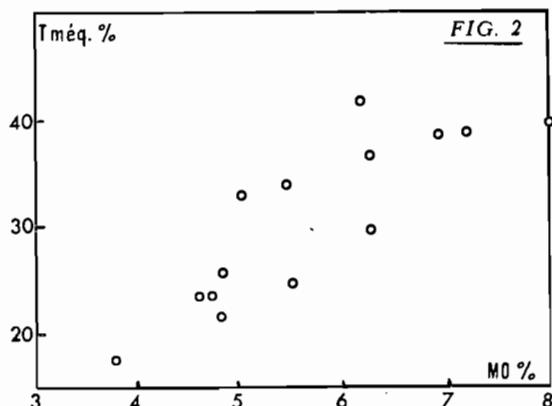


FIG. 2. — Relations entre la teneur en matière organique et la capacité d'échange.

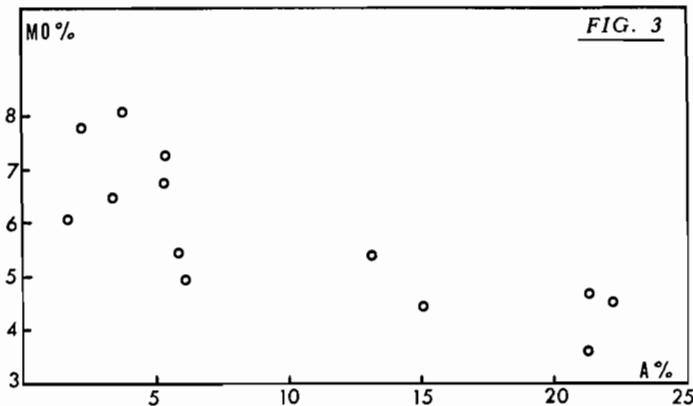


FIG. 3. — Relations entre les teneurs en argile et en matière organique dans les sols étudiés.

possèdent une capacité d'échange ainsi que l'ont montré certains auteurs (3). Cette propriété serait due à la présence de minéraux hydratés en voie d'altération. On doit toutefois constater que la capacité d'échange du sol dépend étroitement de la teneur en matière organique (fig. 2) et varie dans le même sens — par contre elle tendrait à varier dans le sens inverse de la teneur en argile, non pas à cause de l'argile elle-même, mais parce que dans le cas des échantillons étudiés on constate une décroissance de la teneur en matière organique (5) lorsque l'argile augmente (fig. 3). Cette constatation a été faite également par les pédologues de l'I. R. C. A. M. (1).

— Quoi qu'il en soit, la somme des bases S est souvent voisine de la capacité d'échange et le coefficient de saturation qui varie de 50 à 100 % se situe le plus souvent aux environs de 80 % — la corrélation avec le pH est bonne, et ce dernier varie de 5,5 à 7,0, la moyenne s'établissant vers 6,2.

— Ces sols sont très bien pourvus en bases échangeables surtout si on les compare aux sols de bananeraies de Guinée ou de Côte d'Ivoire ; il semble cependant d'après les essais agronomiques que la plante réagisse aux engrains potassiques. Il faut donc se garder de faire des comparaisons hâtives, d'autant que la variété n'est pas la même que dans les deux autres régions.

— Le phosphore total est également abondant, ainsi que la fraction assimilable. Toutefois, cette dernière varie dans de très larges limites (de 0,1 à 0,7 %) et ne représente jamais plus de 7% du phosphore total.

C. Propriétés physiques (0-25 cm).

— Du point de vue physique, ces sols sont caractérisés par une faible densité apparente : souvent infé-

rieure à l'unité, elle descend même à 0,7 dans les sols jeunes bien pourvus en matière organique. La relation entre ces deux éléments : densité apparente et matière organique, est très étroite (fig. 5), la relation avec la teneur en argile, bien qu'existe, est beaucoup plus lâche (fig. 6).

La porosité totale, calculée directement à partir de la densité apparente, prend évidemment des valeurs élevées (jusqu'à 75 % en volume).

En ce qui concerne les propriétés pour l'eau, nous avons effectué les mesures d'humidité du sol correspondant à trois grandeurs caractéristiques.

— L'eau capillaire — ou encore capacité maximum pour l'eau qui représente le volume occupé dans le sol par les pores de diamètre inférieur à 200 μ .

— L'humidité équivalente — voisine de la capacité au champ correspond à la quantité d'eau subsistant dans le sol après 24 heures de ressuyage. C'est aussi le volume occupé par les pores de diamètre inférieur à 10 μ (4).

— L'humidité au point de flétrissement, au-dessous de laquelle les plantes n'ont plus d'eau à leur disposition.

Nous donnons en annexe les méthodes utilisées pour effectuer ces mesures. Les résultats sont exprimés en pour cent du volume.

L'examen des résultats montre que l'eau capillaire varie de 51 à 66 %, l'humidité équivalente de 33 à 45 %, le point de flétrissement de 20 à 30 %. Ces caractéristiques sont, somme toute, bien groupées et il y a peu de variations pour l'ensemble des plantations ; il en va de même pour l'eau utile du sol, c'est-à-dire la différence entre l'humidité équivalente et le point de flétrissement. Pour 8 des 12 échantillons examinés, cette grandeur est comprise entre 15 et 20 %.

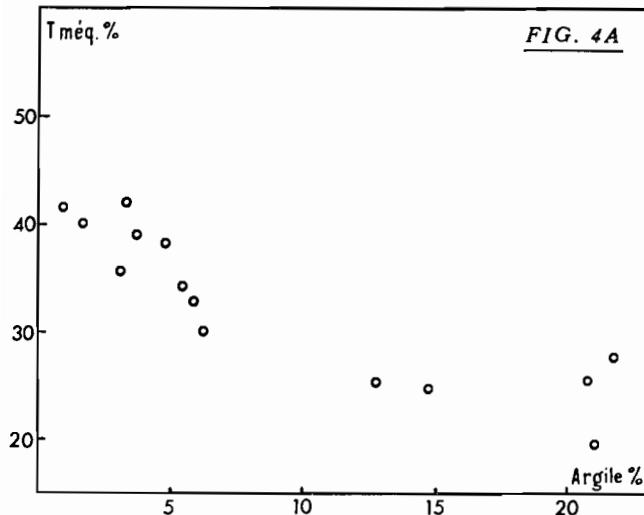


FIG. 4 A. — Relations entre la teneur en argile et la capacité d'échange.

Par contre, la différence entre l'eau capillaire et l'humidité équivalente qui représente en fait la microporosité minimum pour l'air, ou le volume des pores de diamètre compris entre 10 et 200 μ , est une des grandeurs qui varie le plus dans l'ensemble des caractères étudiés (entre 7 et 36 %).

De ces caractères physico-chimiques, on conclut que ces sols possèdent une grande richesse minérale, une densité apparente assez faible ; d'où une forte porosité due presque en totalité à des pores inférieurs à 0,2 mm ; les propriétés pour l'eau sont bonnes et *a priori* on ne trouve pas de facteur susceptible de limiter sérieusement la production.

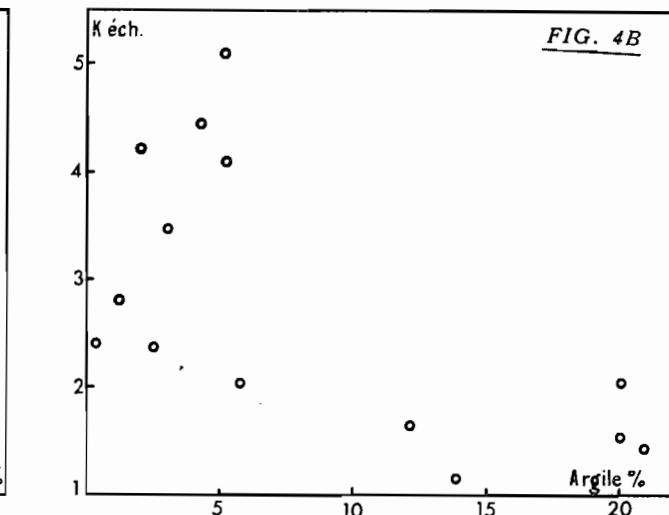


FIG. 4 B. — Relations entre la teneur en argile et la teneur en K échangeable.

D. Caractéristiques biologiques.

Y. DOMMERGUES qui a effectué les déterminations au Laboratoire de Microbiologie de Hann qualifie de remarquable l'activité biologique de ces sols, dont on ne trouve pas, d'après lui, d'équivalent en Afrique occidentale ; ainsi sous défrichement on trouve (fig. 7) :

- un coefficient de minéralisation du carbone moyen (1,36) ;
- une très forte quantité d'azote minéral et minéralisable (26,9 mg pour 100 g de terre) ;
- une densité de germes nitreux de 40 au gramme.

Il n'existe donc pas non plus du point de vue biologique de caractère défavorable.

III. L'ÉVOLUTION DU SOL SOUS L'EFFET DE LA CULTURE

A. Culture sans engrais.

Il faut se garder de confondre les effets possibles sur le sol d'une culture continue et ceux qui découlent de l'évolution naturelle du sol.

Il convient donc de ne comparer entre eux que des sols se trouvant à un même degré d'évolution sous peine d'imputer à la culture la diminution des teneurs en bases par exemple, diminution qui, en fait, peut être due à un phénomène naturel de lessivage.

Les comparaisons que nous avons pu faire entre carrés récemment défrichés et carrés sous cultures depuis vingt ans ou plus, ont porté sur des sols jeunes et par conséquent riches.

Dans l'un des deux cas examinés (plantation P H P) on ne relève pas la moindre différence : les sols sont absolument identiques.

Dans l'autre cas (plantation S P N P — échantillon Cn 9, Cn 10, Cn 11) on note une certaine diminution de la chaux échangeable encore que la teneur reste très élevée ; par contre, la potasse et le phosphore restent pratiquement identiques.

On constate aussi une certaine diminution de la teneur en matière organique, mais elle n'est pas très marquée sur les vingt-cinq premiers centimètres — elle l'est davantage dans les cinq premiers centimètres.

Sur le plan biologique, Y. DOMMERGUES a constaté (fig. 7) que la culture entraînait une diminution très

Plantation S P N P	Nitreux	N minéral (¹)	(²)	N %	Coeff. minér. de N	CO ₂	C %	Coeff. minér. de C
Défrichement	1030	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,

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

1^o 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^o 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^o Les apports phosphatés semblent également éléver 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^o 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

(1) Sans incubation.

(2) N minéral + N minéralisable.

ESSAI	N° TRAITEMENT	APPORTS			VARIATIONS DES TENEURS PAR RAPPORT AU TÉMOIN		
		engrais	K en méq %	P en P_2O_5 %	pH	K éch. méq %	P_2O_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	I	urée 200 kg/ha/an P_2O_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
	I	urée seule 300 g/pied/an pendant 3 ans	0	0	- 0,35	- 0,3	- 0,09
Extension G. M. secteurs 4, 5, 7, 8	2	600 g C1K/pied/an pendant 3 ans	3	0	- 0,15	+ 3,2	- 0,04
	4	urée + C1K + 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 circonference 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.

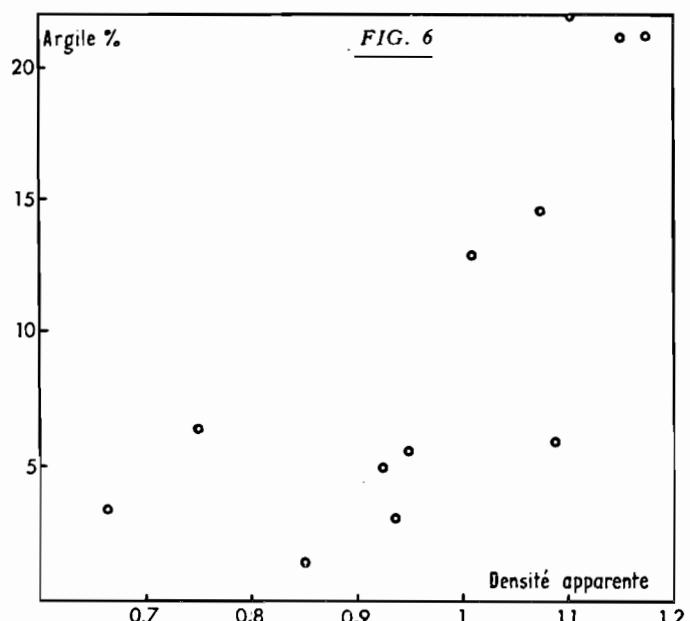
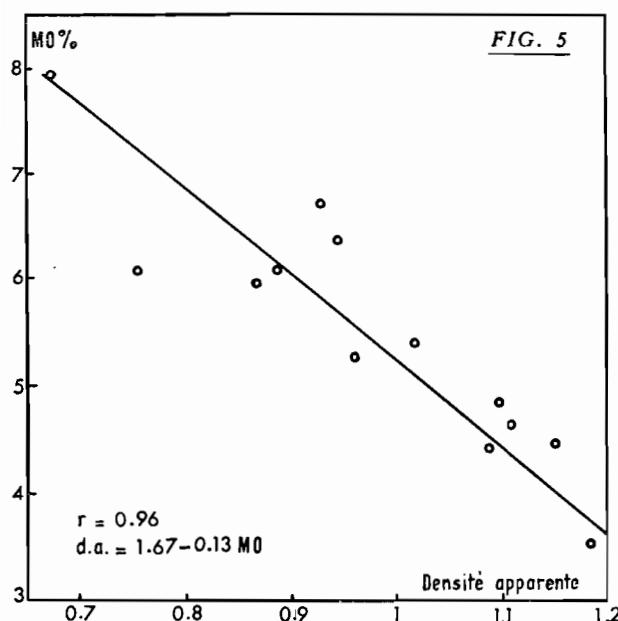


FIG. 5 et 6. — La densité apparente du sol en relation avec :
— la teneur en matière organique
— le taux d'argile.

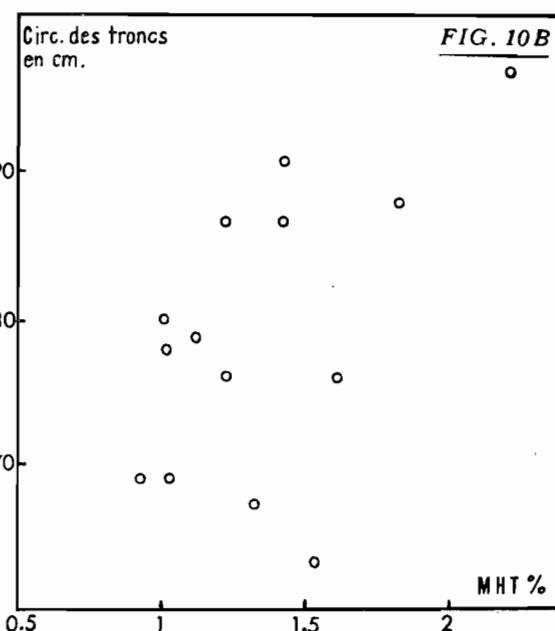
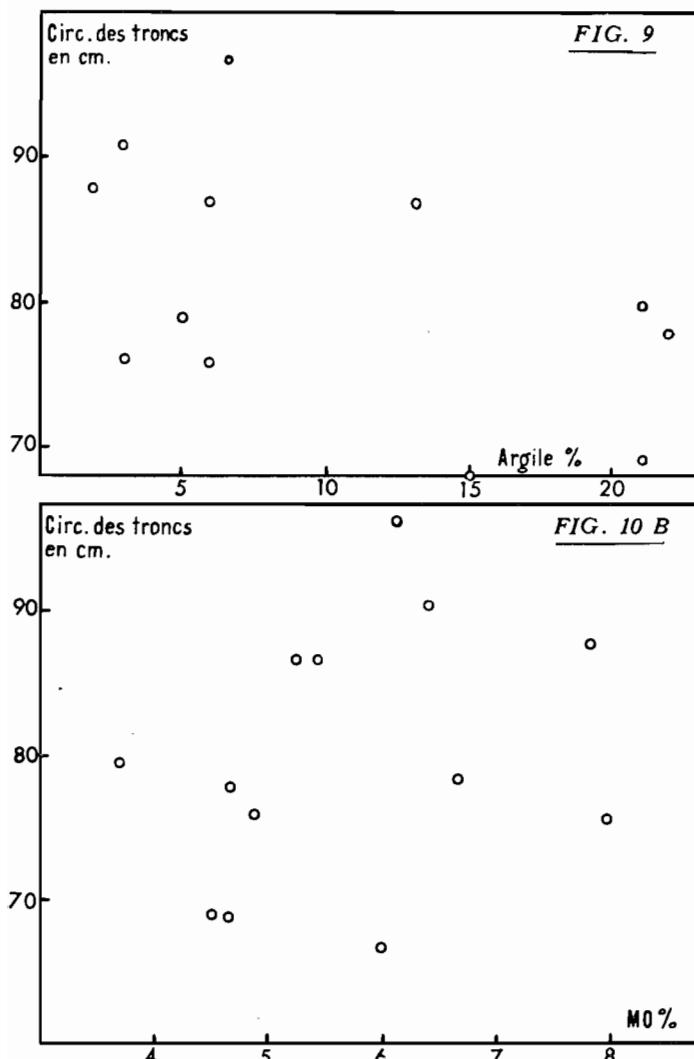


FIG. 9 et 10. — Relations entre les mensurations de bananiers et quelques caractéristiques du sol. Il n'existe pas de corrélations valables.

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 ;

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 IRCCAM.

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

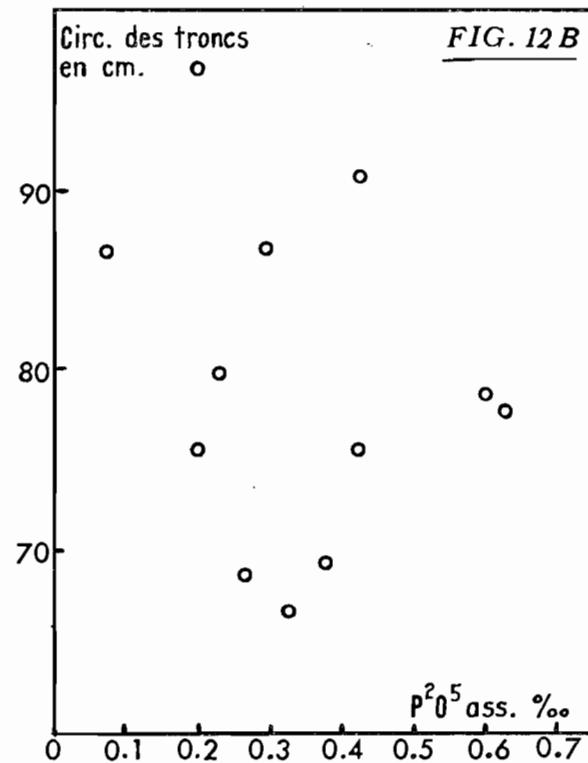
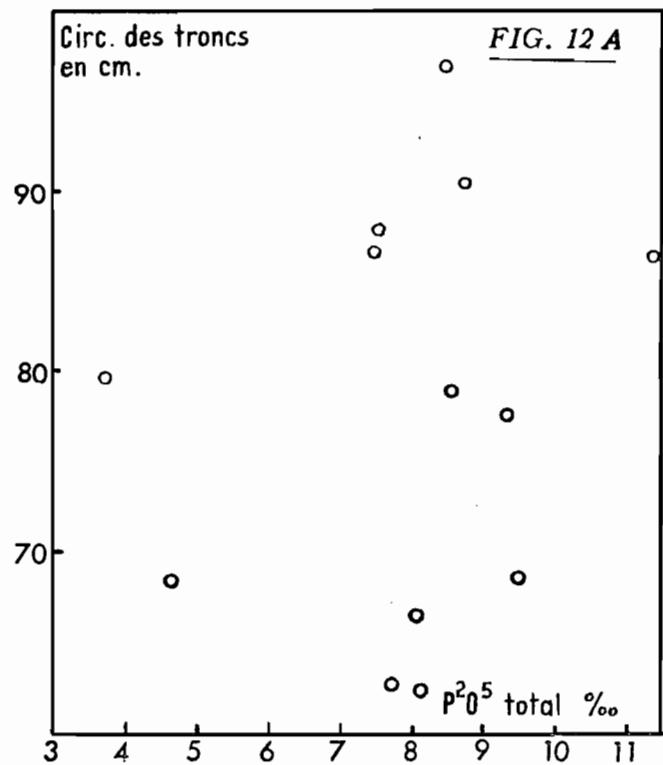
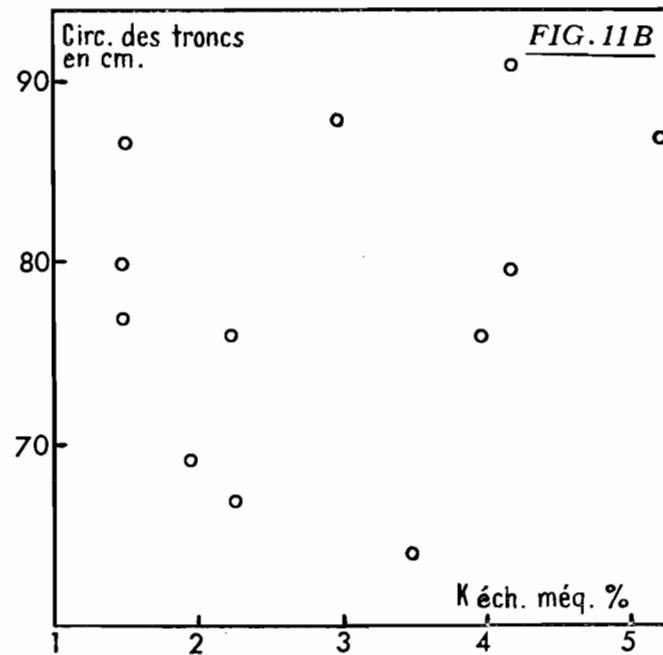
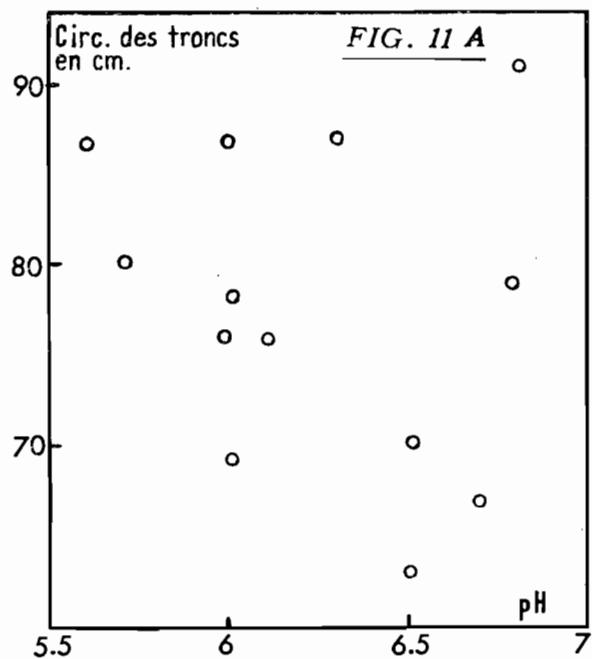
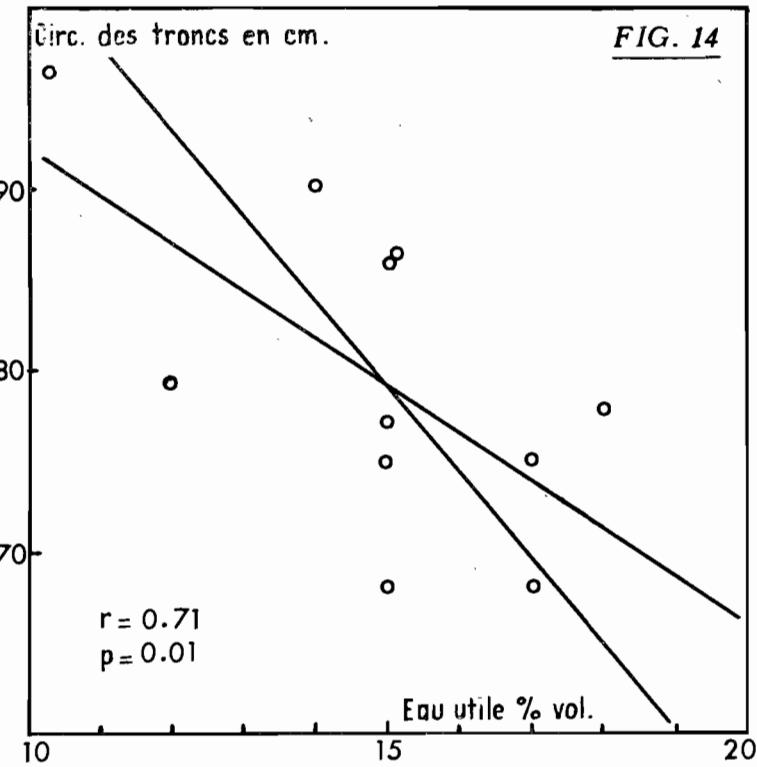
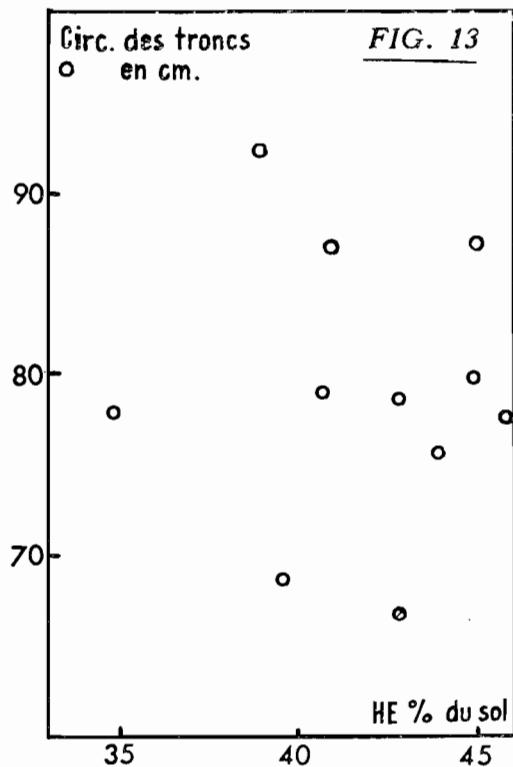


FIG. 11 et 12. — Relations entre les mensurations de bananiers et quelques caractéristiques chimiques du sol. Il n'existe pas de corrélations valables.



(fig. 17) on obtient en effet un coefficient de corrélation positif entre les deux valeurs ($r = 0.65$, $p = 0.02$).

Avant d'expliquer 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

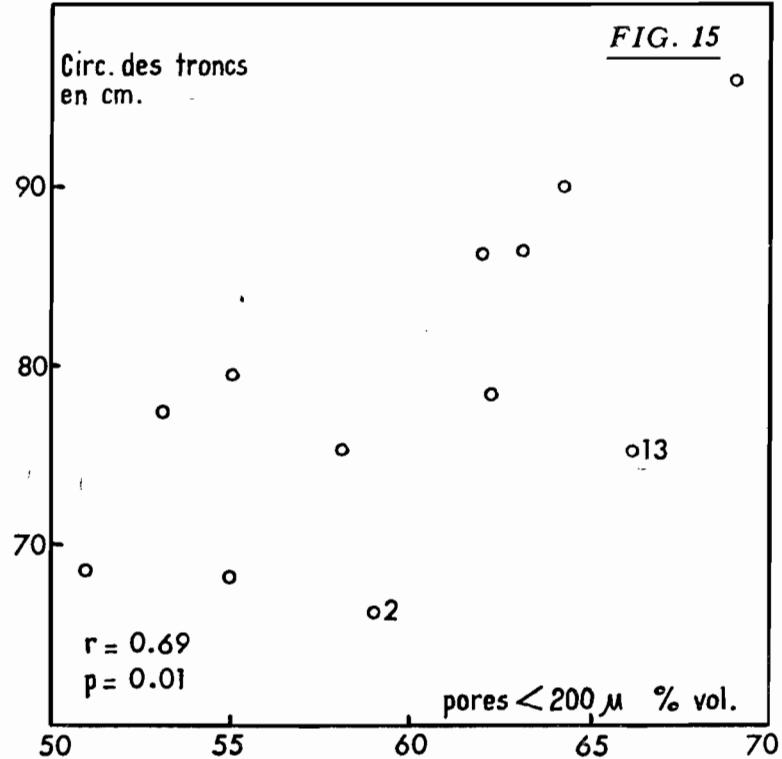
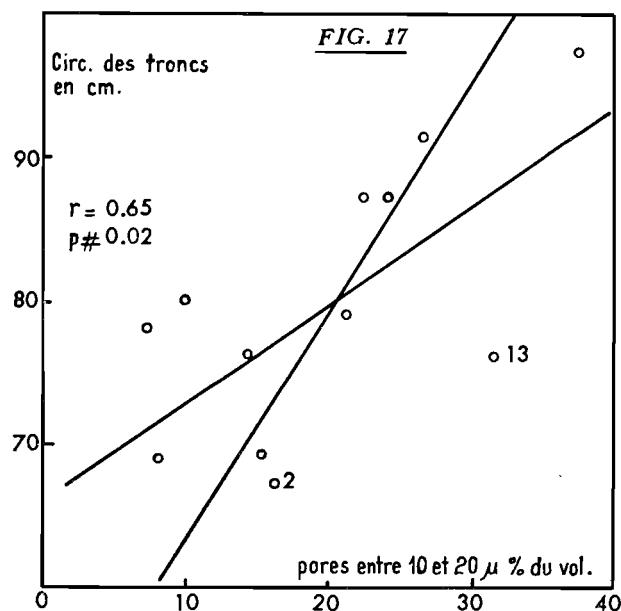
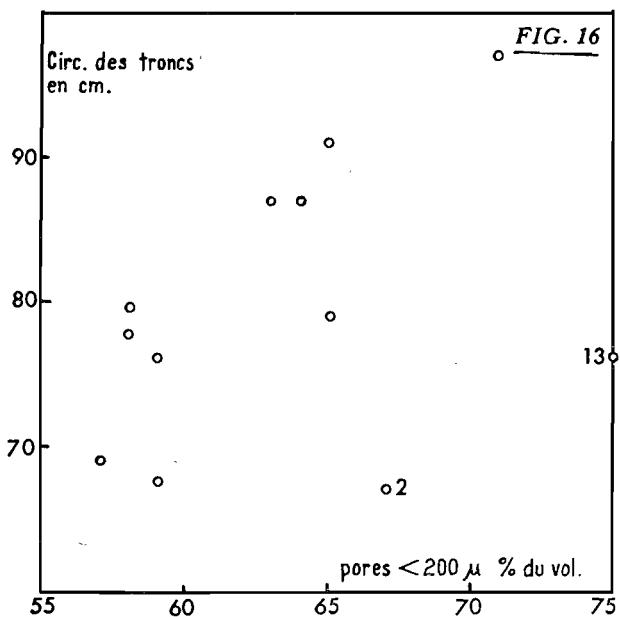


FIG 13, 14 et 15. — Relations entre les mensurations des bananiers et quelques caractéristiques hydriques du sol.



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. 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

majeure partie de l'air du sol pendant huit mois de l'année. Il n'est donc pas étonnant qu'elle puisse avoir une influence sur la fertilité. On constate d'ailleurs que cette microporosité pour l'air est la valeur physique, parmi celles que nous avons déterminées, qui subit

les variations les plus importantes (fig. 20) d'un sol à l'autre.

Par ailleurs les variations de cette porosité ne sont pas sans relations avec d'autres caractéristiques physiques.

ÉCHANTILLON	CAPACITÉ MIN. TOTALE POUR L'AIR	MACROPOROSITÉ	MICROPOROSTÉ POUR L'AIR	
			EC — HE	en % de la capacité min. tot.
I	24	3	21	88
2	24	8	16	67
3	23	0	23	100
4	38	2	36	95
5	23	2	21	91
6	13	3	10	77
7	16	8	8	50
8	12	5	7	58
9	26	1	25	96
10	15	1	14	93
11	40	9	21	78
12	17	2	15	88

FIG. 19. — Les caractéristiques des sols pour l'air.
HE = Humidité équivalente en % du volume
EC = Eau capillaire en % du volume.

MESURE	VARIATIONS EN VALEUR ABSOLUE (en % vol.)	VARIATIONS RELATIVES
Point de flétrissement	de 20 à 30	1 à 1,5
Humidité équivalente.	de 34 à 46	1 à 1,3
Eau utile.	de 14 à 22	1 à 1,5
Eau capillaire.	de 50 à 70	1 à 1,4
Porosité totale.	de 57 à 75	1 à 1,3
Porosité pour l'air.	de 12 à 40	1 à 3,3

FIG. 20. — Les variations des propriétés hydriques de sol pour l'ensemble des échantillons étudiés.

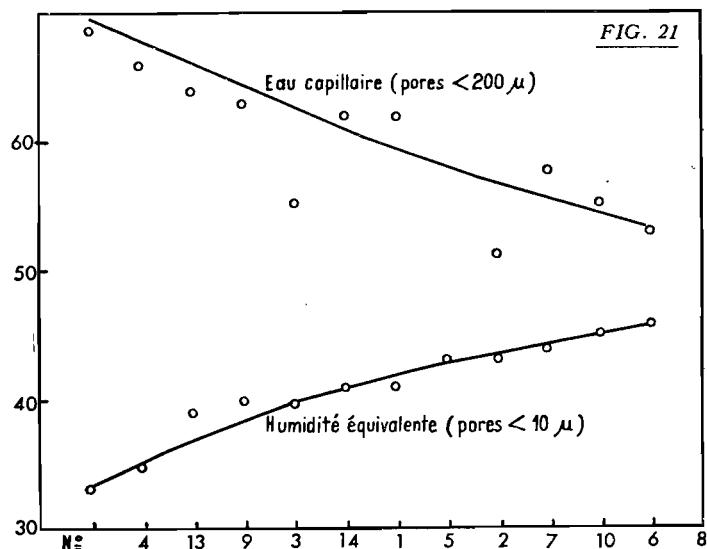


FIG. 21. — Échantillons classés par humidités équivalentes croissantes.
Variations de l'eau capillaire.

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

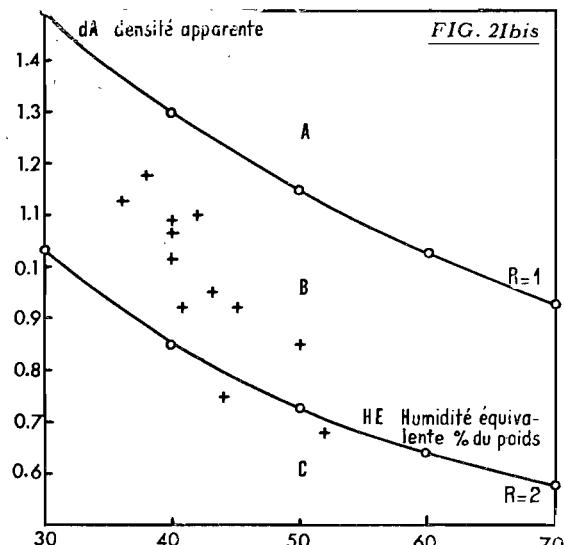


FIG. 21 bis. — Indice de compacité (Vigneron et Desaunettes).
Les deux branches d'hyperboles d'équations

$$(dA) = \frac{r}{\frac{1}{(dA)} + k(HE)} \quad \text{avec } k = r \quad k = 2$$

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.

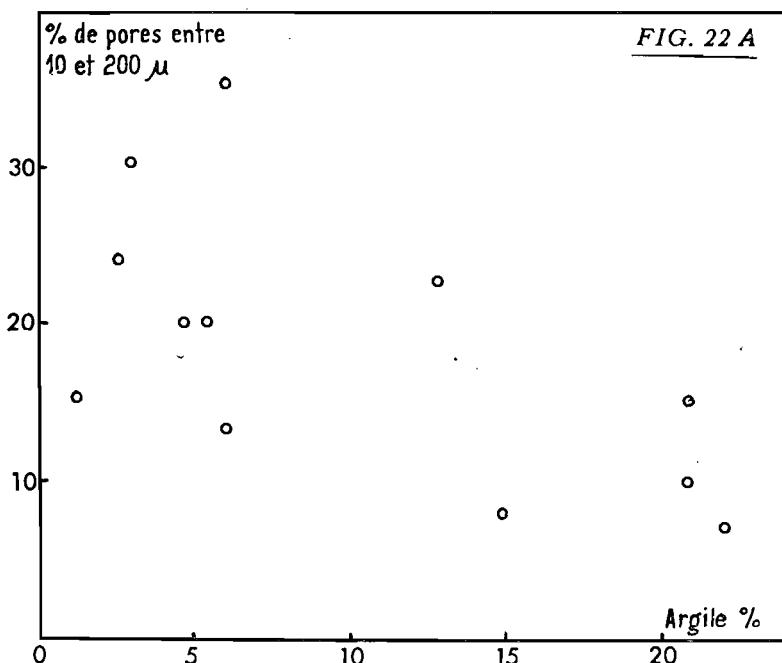


FIG. 22 A. — Relations entre la teneur en argile et le volume des pores de diamètre compris entre 10 et 200 μ.

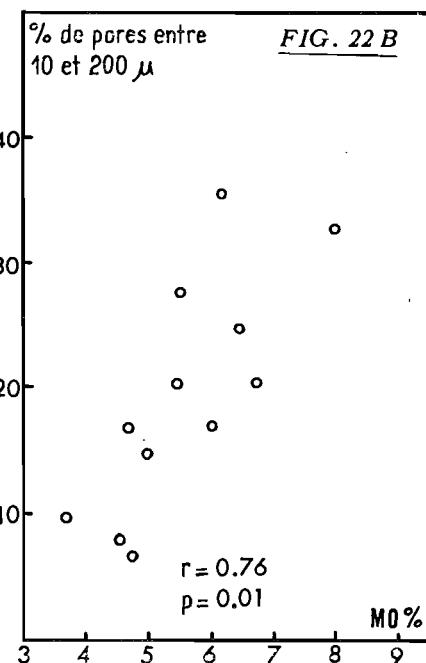


FIG. 22 B. — Relations entre le taux de matière organique et le volume des pores de diamètre compris entre 10 et 200 μ.

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 prélevements et la préparation des échantillons de sols. *Fruits*, vol. 13, n° 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.
- Hunius (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'échange méq %	Somme des bases méq %	Coeffic. de saturation %	méq %			Argile %	Limon %	P205 ass. %	P205 tot. %	pH	
											K	Ca	Mg						
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	6,1
	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
	81	75	3,4	3,8	9,0	5,9	1,4	43,1	34	27,9	82	3,1	19,1	5,2			0,24	5,2	6,2
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 méq %	Coeffic. 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 %	Coeffic. 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 %	Coeffic. 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	

BANANERAIRES 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. %	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							

BANANERAIRES CAMEROUN - ANALYSE CHIMIQUE DU SOL

Plantations	n° éch. Cn	Terre fine %	Matière organ. %	Azote %	Matière humique %	Capacité d'échange méq %	Somme des bases méq %	Coeffic. de saturation %	pH	méq pour 100 g				P2O5 ass. o/oo	P2O5 tot. o/oo
										K	Na	Ca	Mg		
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	