

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° *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° *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° *D'après les analyses de bananeraies, on montrera l'homogénéisation des principales caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.*
- 4° *Une étude des répercussions des apports (terre, amendements organiques, amendements minéraux, engrais) sur les caractéristiques des sols.*
- 5° *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° *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 engrais 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. DOMMARGUES 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 dominant 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, péridotites, dolérites (Kaloum, Kakoulima, plateaux actuellement cuirassés au-dessus de Kindia et Mamou) ;

— des formations récentes découlant de l'altération et de l'édification du modelé 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 : péridotites du Kakoulima, dunités du Kaloum et dolérites des sills 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 Far-moréah 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 ruissellement 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 floculation 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 concrétionnement et au cuirassement 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 cuirassement.

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), différenciant 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, anciennement 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 feuillage 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, ocré 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 originels 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 débroussaillage 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 recré 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

rendres 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 nivellement 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 termitières et du dressage des bas de coteaux entourant le bas-fond. Les termitières 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 (Kolénté) 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 épuise 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 premiers très poussée.

La période de mise en valeur, c'est-à-dire d'accession 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.

Pendant, 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

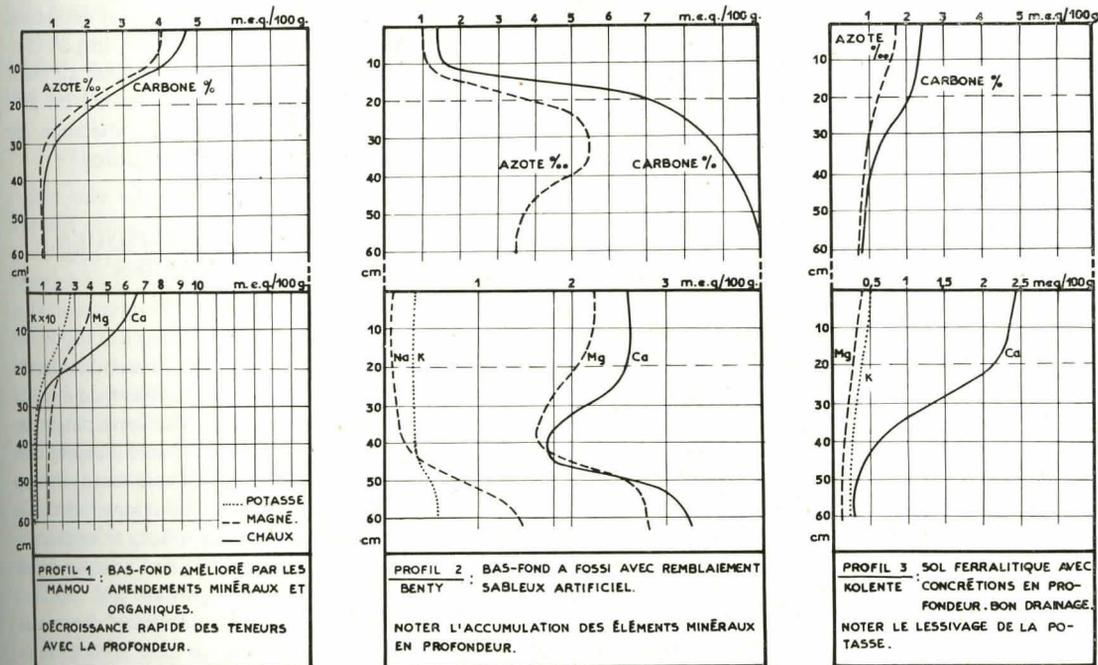


FIGURE 1 - RÉPARTITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET DES BASES ÉCHANGEABLES DANS TROIS PROFILS CARACTÉRISTIQUES SOUS BANANERAIES GUINÉENNES.

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 engrais. 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

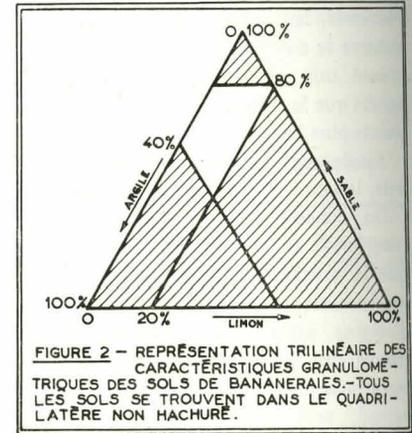
1. Physico-chimiques :

a) *Bananeraies étudiées.* — Les caractéristiques physico-chimiques ont été établies sur une quarantaine de plantations bien réparties en ce qui concerne la productivité (1/3 considérées comme ayant de bons rendements, 1/3 de rendements moyens et 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 débiter 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 optima 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 prélèvements 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).



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 chacune des 77 parcelles étudiées au point de vue biologique, correspond un prélèvement résultant du mélange de 30 prélèvements élémentaires.

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 trilineaires (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

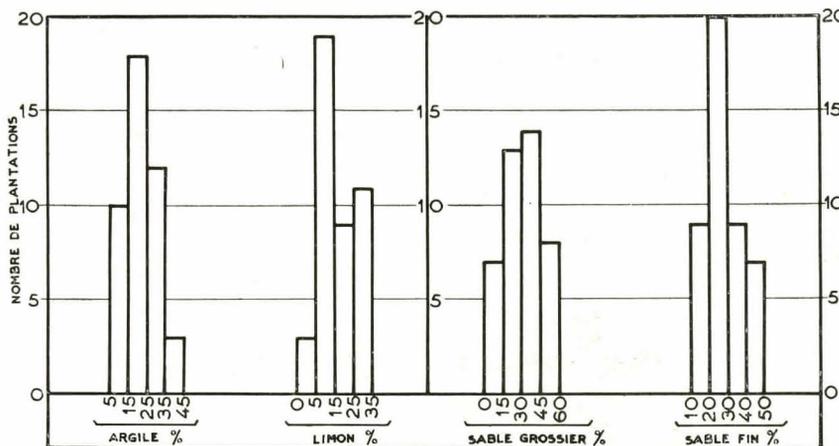


FIGURE 3 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES BANANERAIES GUINÉENNES : DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES.

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.

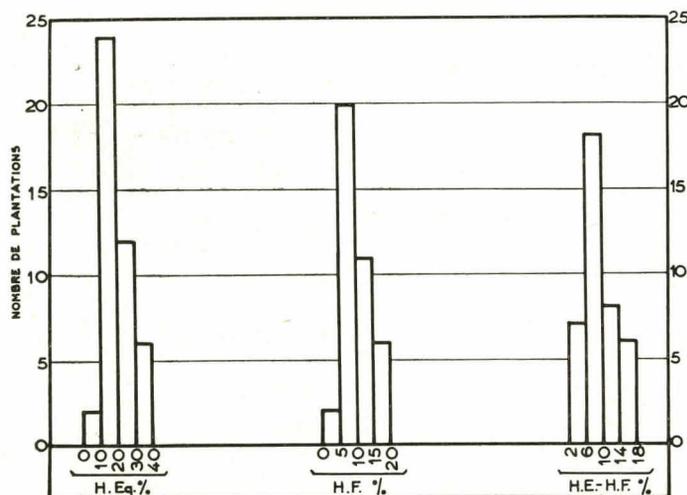


FIGURE 4 - HUMIDITÉ ÉQUIVALENTE (H.Eq.) ET POINT DE FLÉTRISSEMENT (H.F.) EN SOLS DE BANANERAIES.

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 :

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

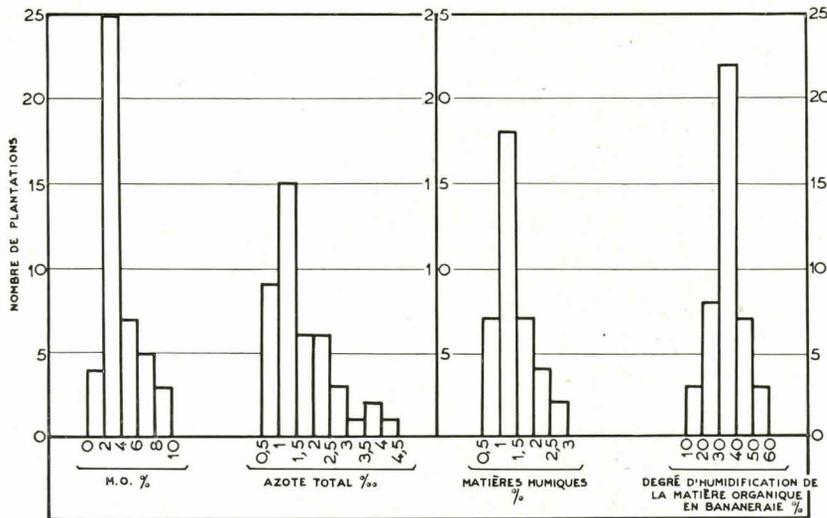


FIGURE 5 - DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES DES TENEURS EN ÉLÉMENTS ORGANIQUES DES SOLS EN BANANERAIE GUINÉENNE.

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).

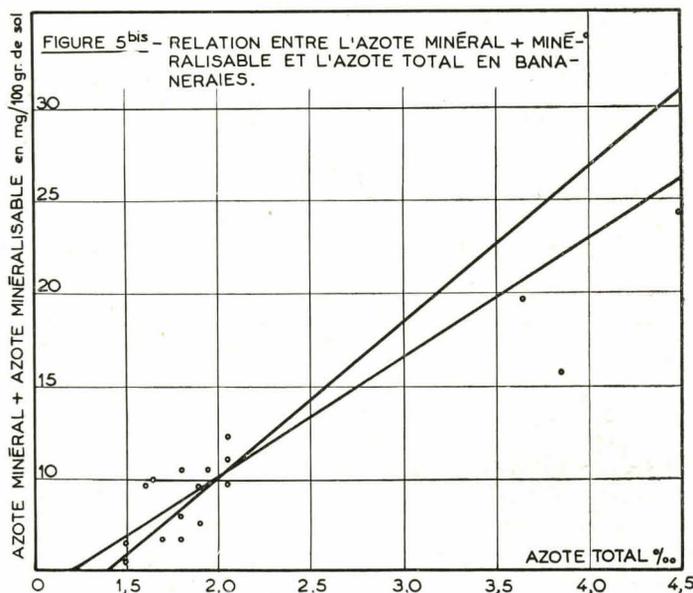


FIGURE 5 bis - RELATION ENTRE L'AZOTE MINÉRAL + MINÉRALISABLE ET L'AZOTE TOTAL EN BANANERAIES.

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 engrais, 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 inférieure 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 P₂O₅ 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.

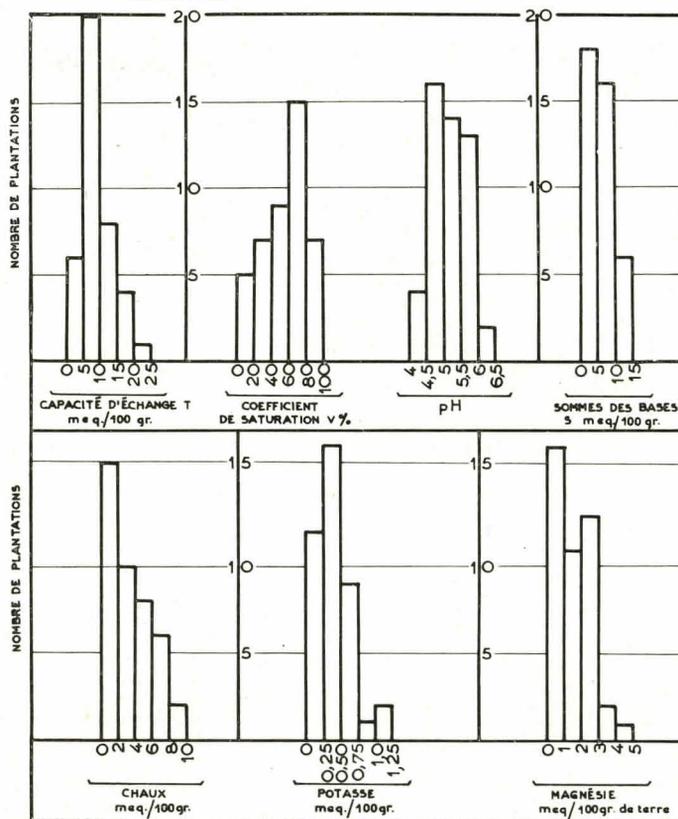
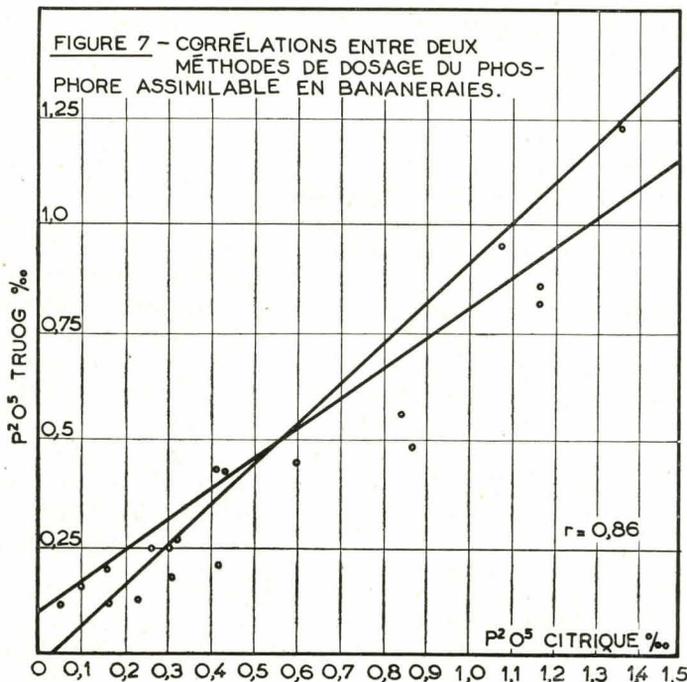
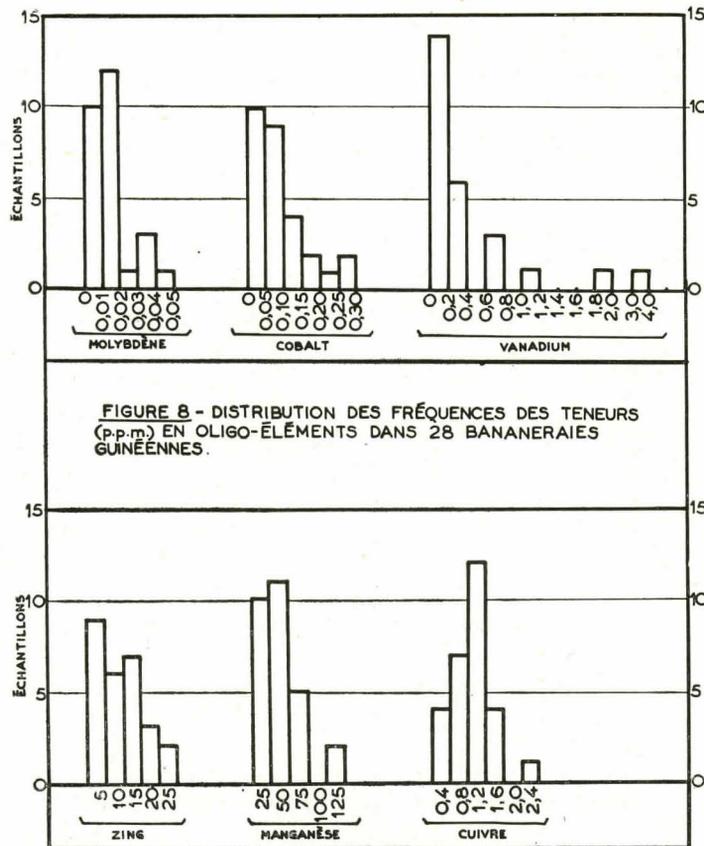


FIGURE 7 - CORRÉLATIONS ENTRE DEUX MÉTHODES DE DOSAGE DU PHOSPHORE ASSIMILABLE EN BANANERAIES.





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 chroococcinckia*, 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 comparons 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	0	0	92	112
Sol Potasse-Amendement (PA)	normale	7	1 880	0	92

Faut-il conclure de ces observations que le bananier exige pour prospérer une certaine proportion d'azote nitrrique ? 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-

(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.

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. D'ores et déjà, nous pouvons admettre 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

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 engrais.

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 nivellements, des araselements, 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 dessiccation 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 gréseuse, 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 adventives*.

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'autres 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 engrais, 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 disparurent 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 dessiccation 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 siliçieuses 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 sèchent, 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° 1*
 — 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° 11 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 replantation ; 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 *Beijerinckia* 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

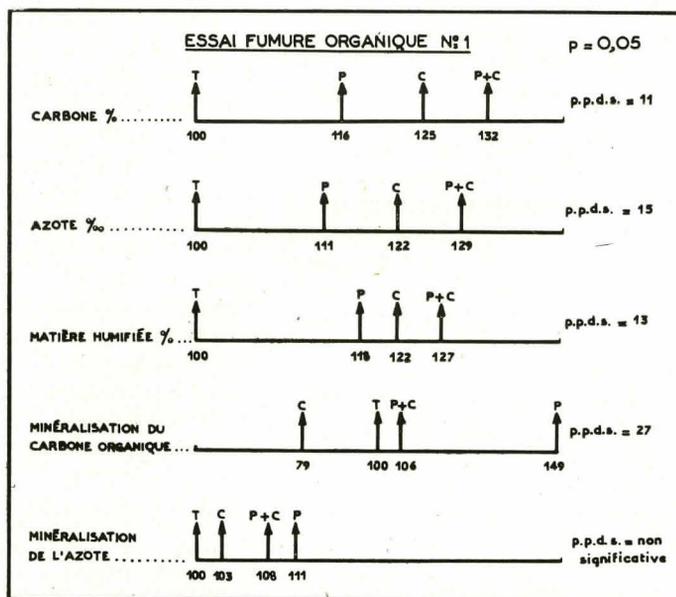


FIGURE 11 — COMPARAISON DE TROIS TRAITEMENTS ORGANIQUES EN BANANERAIE EXPÉRIMENTALE

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.

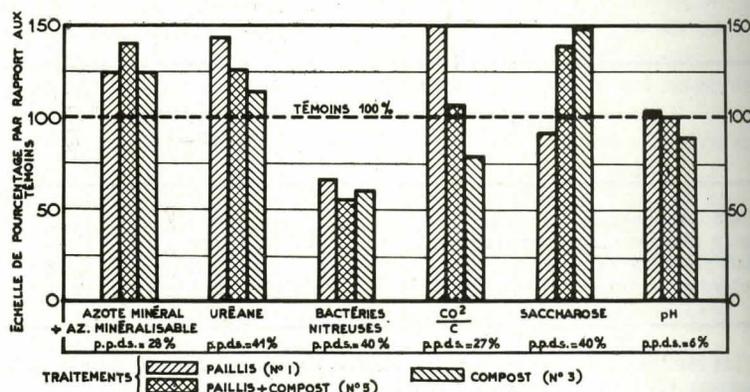
Ces modifications sont, semble-t-il, la conséquence d'une incorporation du compost plus rapprochée des prélèvements d'échantillons en 1957 qu'en 1956 ; elles pourraient aussi être dues à des variations dans la qualité du compost enfoui.

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 circonspect en ce qui concerne l'interprétation de la densité des germes cellulolytiques.

FIGURE 11 bis — 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 ralentie. 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-

(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 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* (Banancier 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-

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
0	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.

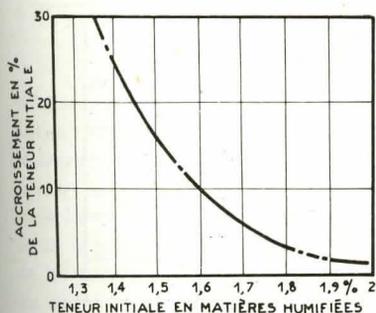


FIGURE 13—L'EFFET DU TRAITEMENT EST INVERSEMENT PROPORTIONNEL A LA TENEUR INITIALE EN MATIÈRES HUMIFIÉES. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE DE 4 PARCELLES.

b₂) 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

VALEUR DU pH (MOYENNES DE 4 PARCELLES)

traitement ss. trait.	1	2	3	4
0	5,2	5,95	5,5	5,4
8	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

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

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

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

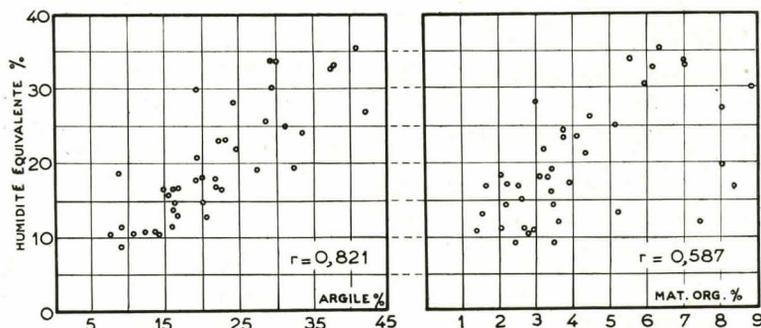


FIGURE 16- L'HUMIDITÉ ÉQUIVALENTE EN FONCTION DES TENEURS EN ARGILE ET EN MATIÈRE ORGANIQUE.
 CORRÉLATION ARGILE H.E. AVEC MAT. ORG. CONSTATE } 0,739
 CORRÉLATION MAT. ORG. H.E. AVEC ARGILE CONSTATE } 0,304

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.*

a₁) 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 organominéral : 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.

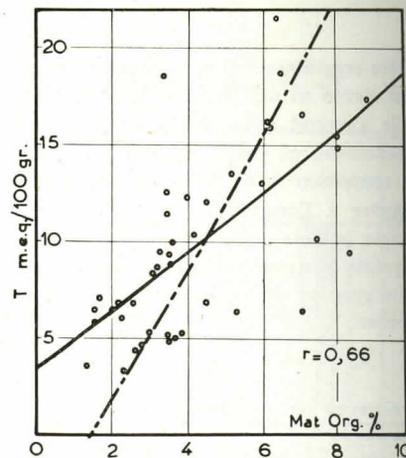


FIGURE 17- RELATION ENTRE LE TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE ET LA CAPACITÉ DE FIXATION DES ENGRAIS EN BANANERAIE.

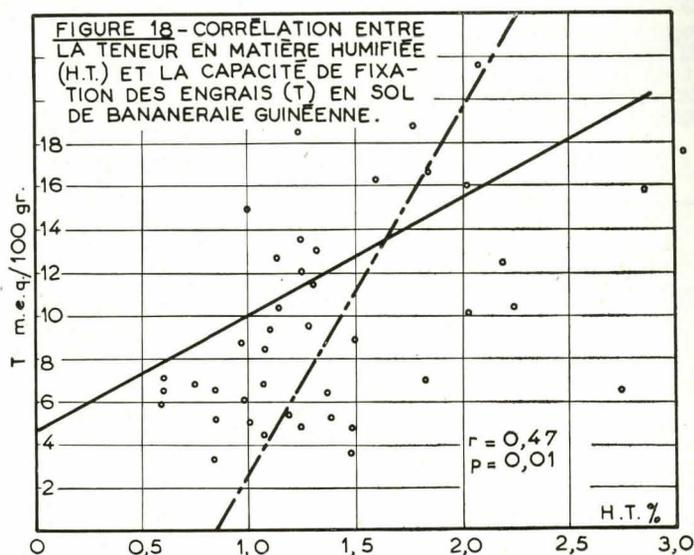


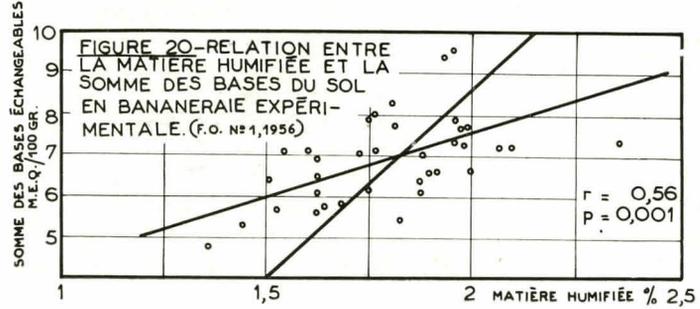
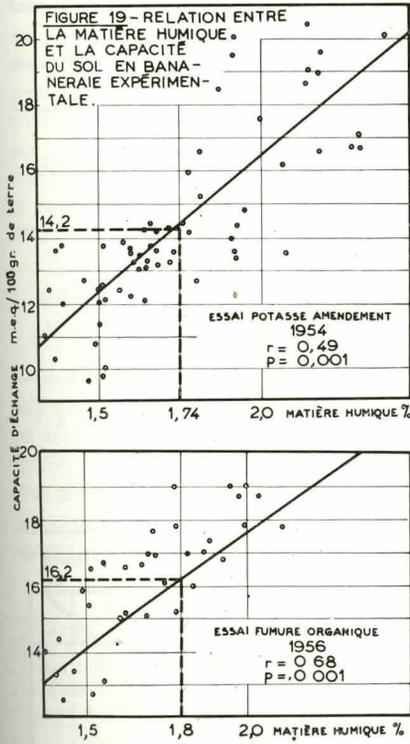
FIGURE 18- CORRÉLATION ENTRE LA TENEUR EN MATIÈRE HUMIFIÉE (H.T.) ET LA CAPACITÉ DE FIXATION DES ENGRAIS (T) EN SOL DE BANANERAIE GUINÉENNE.

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,



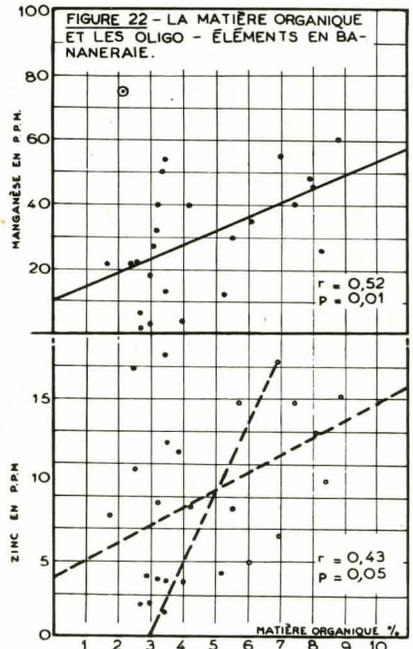
dements organiques en bananeraie.

Cas d'une bananeraie où le compostage est appliqué régulièrement. — Le compostage en grande plantation a été étudié à Friguigbé 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 saccharose 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

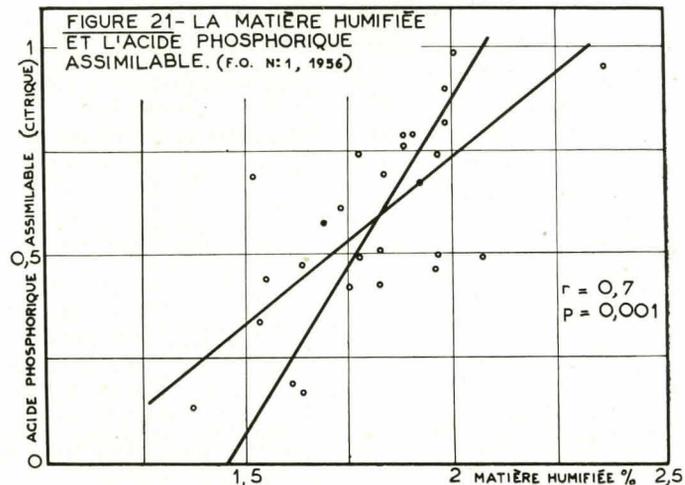


puisqu'à traitements minéraux absolument identiques, la quantité de bases réellement fixée est fonction de la teneur en matière humifiée, laquelle, nous l'avons constaté (fig. 20), représente à peu près constamment 40 % de la matière organique totale. Il en est de même pour la fraction dite assimilable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

a₁) 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).

a₂) Étude agrobiologique des amen-



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

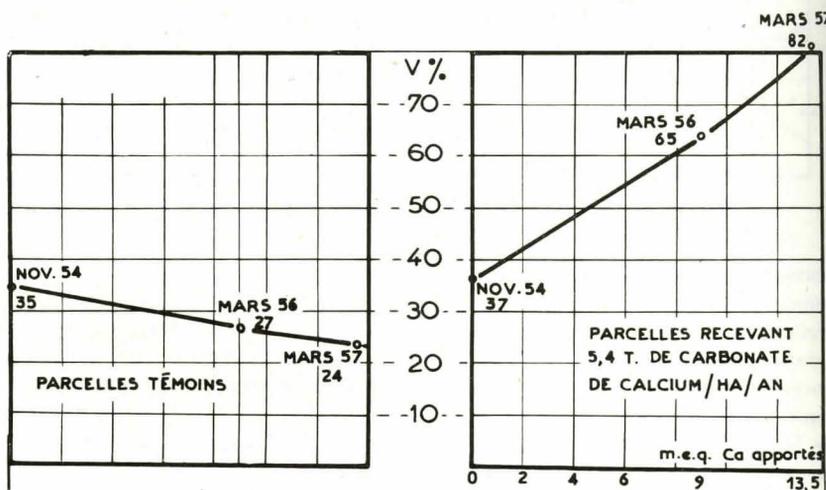
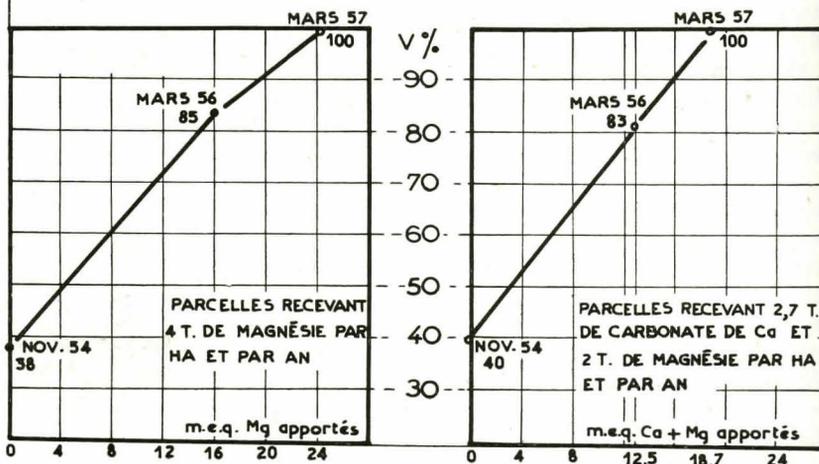


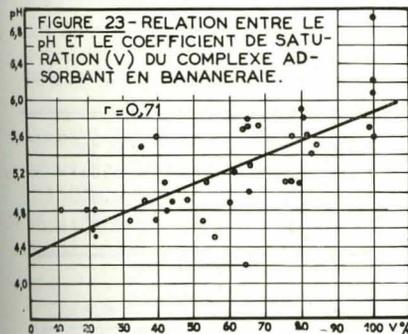
FIGURE 24 - INFLUENCE DE TROIS AMENDEMENTS SUR LA SATURATION DU COMPLEXE-ADSORBANT (MOYENNES DE 16 PARCELLES - ESSAI POTASSE-AMENDEMENT).



tels que la chaux ou la magnésie, les amendements modifient profondément ses propriétés. Ils se différencient essentiellement des engrais 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,

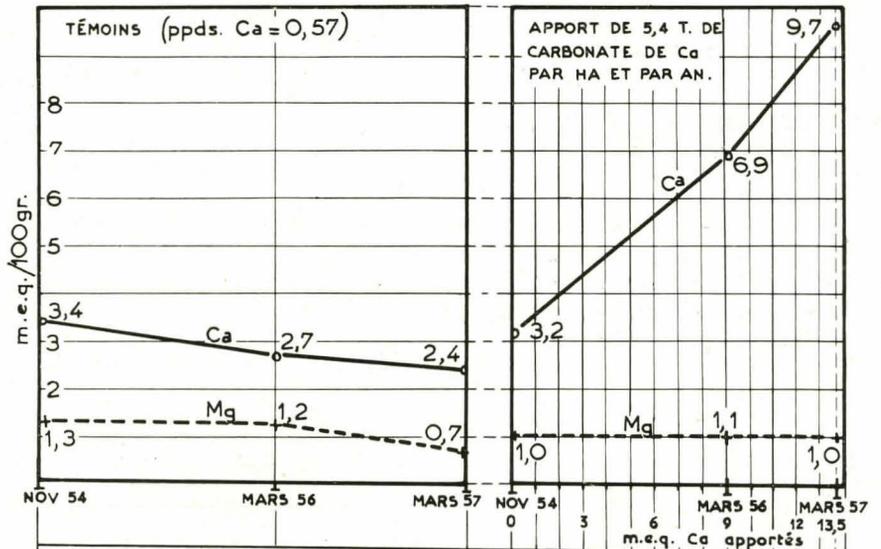
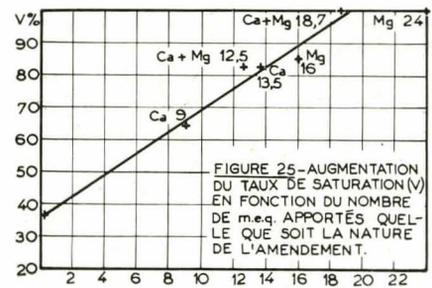
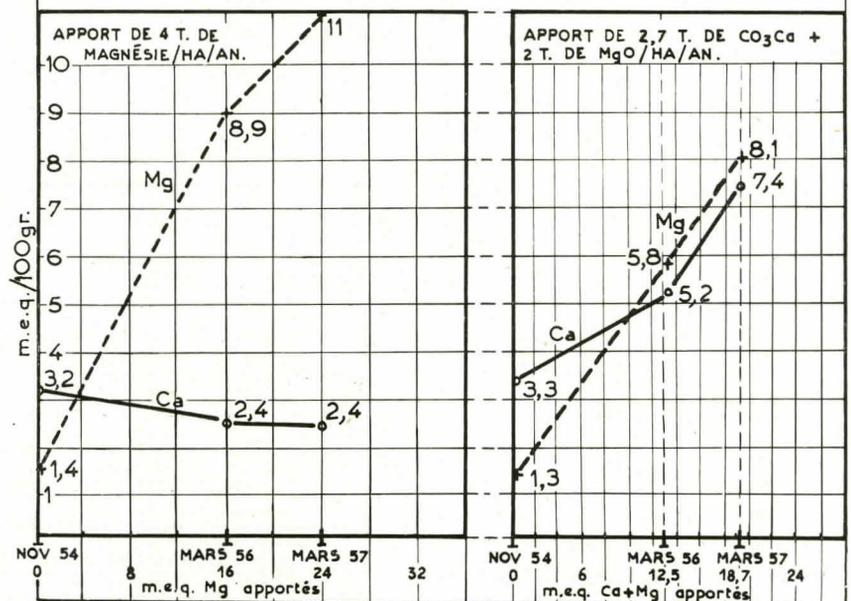


FIGURE 26 - INFLUENCE DE 3 AMENDEMENTS SUR LA FIXATION DES BASES ÉCHANGEABLES. (MOYENNES DE 16 PARCELLES : ESSAI POTASSE-AMENDEMENT).



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).

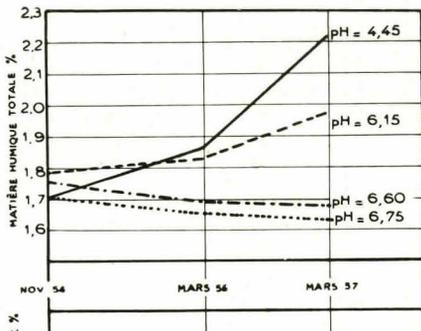


FIGURE 27 - INFLUENCE DES AMENDEMENTS SUR L'ÉVOLUTION DE LA MATIÈRE HUMIQUE (ESSAI POTASSE-AMENDEMENT)

— TÉMOINS SANS AMENDEMENT
 - - - 5,4 T DE CO³Ca / HA/AN
 4,0 T DE MgO
 - · - · 2,7 T DE CO³Ca
 - · - · 2,0 T DE MgO

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-

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

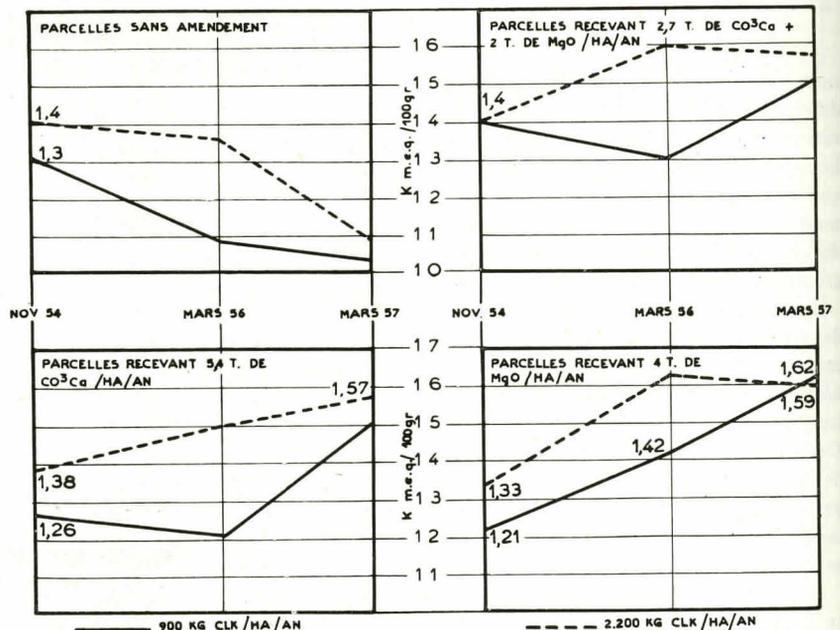


FIGURE 28 - INFLUENCE DES AMENDEMENTS SUR L'ÉVOLUTION DE LA POTASSE ÉCHANGÉABLE.- LES ÉPANDAGES DE CLK ONT EU LIEU TOUTS LES MOIS.- MOYENNES DE 32 PARCELLES-ESSAI POTASSE-AMENDEMENT.

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 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 sature 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 engrais 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 P₂O₅/pied/an ou 0,5 ‰ P₂O₅ 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

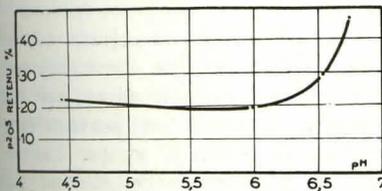


FIGURE 29 - INFLUENCE DU pH SUR L'ACCROISSEMENT DE LA TENEUR EN P₂O₅ ASSIMILABLE (% PAR RAPPORT A LA QUANTITE APORTEE AU SOL)

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 minéra-

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 intrucatif, mis en place à Benty par un plan-

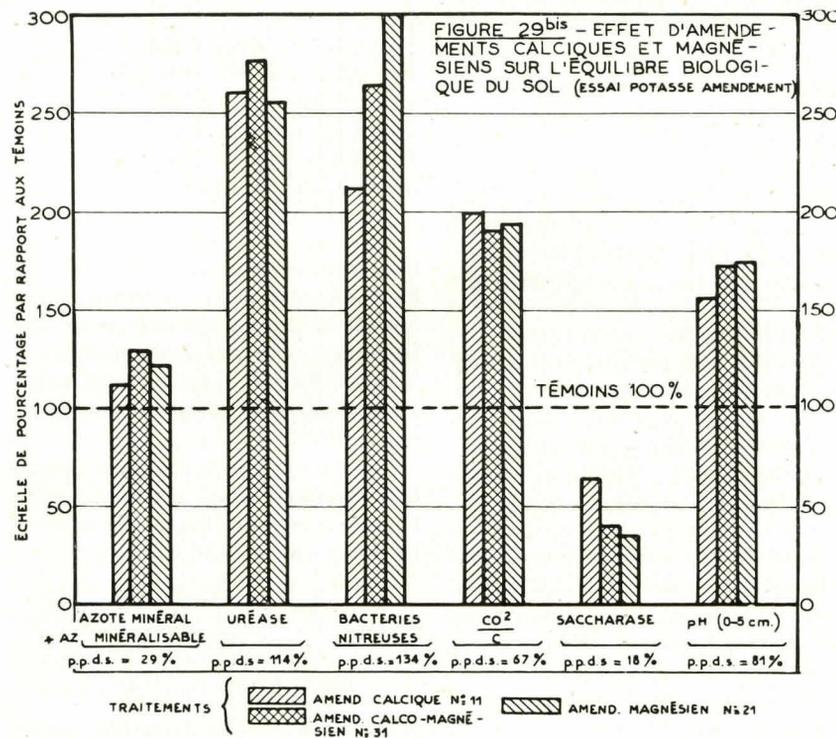


FIGURE 29 bis - EFFET D'AMENDEMENTS CALCICIQUES ET MAGNÉSIEUS SUR L'ÉQUILIBRE BIOLOGIQUE DU SOL (ESSAI POTASSE AMENDEMENT)

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.

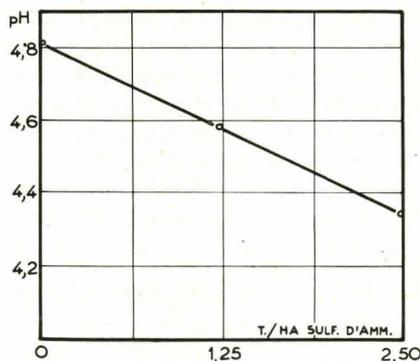


FIGURE 30.— INFLUENCE DE DOSES CROISSANTES DE SULFATE D'AMMONIAQUE SUR LE pH DU SOL.— ESSAI NK (MOYENNES DE 10 PARCELLES) — p.p.d.s. = 0,23 UNITÉ PH.

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,

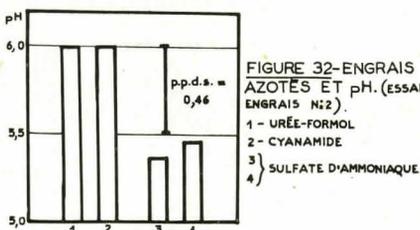


FIGURE 32.— ENGRAIS AZOTÉS ET pH. (ESSAI ENGRAIS N°2).
1 - URÉE-FORMOL
2 - CYANAMIDE
3) SULFATE D'AMMONIAQUE
4) SULFATE D'AMMONIAQUE
p.p.d.s. = 0,46

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 potassique, 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'accroîtra 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.

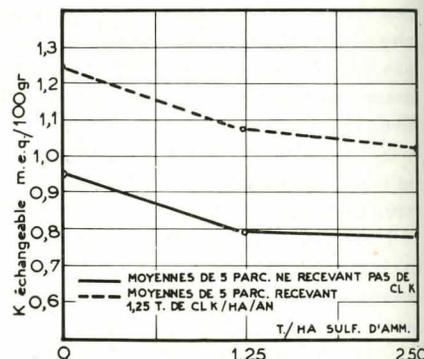


FIGURE 31.— VARIATIONS DE LA TENEUR EN K ÉCHANGEABLE EN FONCTION DES DOSES DE SULFATE D'AMMONIAQUE. ESSAI NK (p.p.d.s. ENTRE 2 POINTS D'UNE COURBE = 0,25).

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 ClK 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.

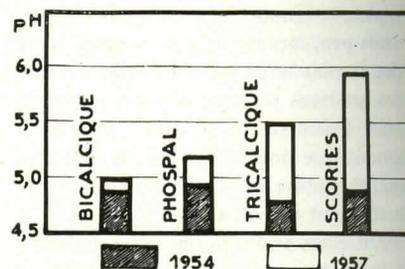


FIGURE 34 - ACTION DE 4 ENGRAIS PHOSPHATÉS SUR LE pH.

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 racinaire 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, œilletonnage 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 atténués, voire masqués par l'influence sur les rendements du Cerment, cospora, des Nématodes, du déchausse-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 planteur :

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

2° 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 planteur 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° 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) :

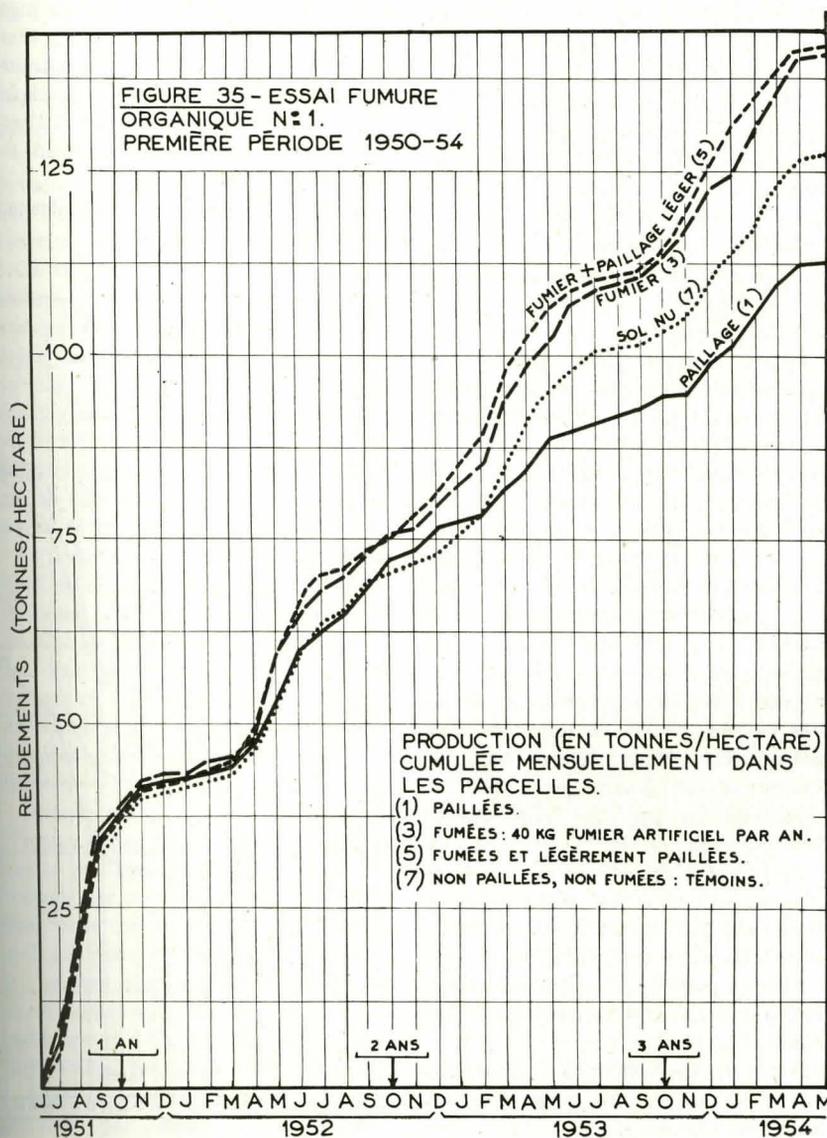
L'expérience a débuté en 1950 sur un terrain bien amélioré de vieille bananeraie, à la Station Centrale I. F. A. C. Rappelons que depuis cette date, certaines parcelles (n° 7) n'ont jamais reçu d'apport ; que d'autres (n° 1) étaient paillées annuellement (120 t/ha de paille de brousse). On apportait 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 régimes	Poids moyen	
Sol nu.....	100	100	= 100
Paillage.....	88	101	= 89
Fumier.....	107	104,1	= 111
Fumier + paillage...	104	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)

Ces chiffres confirment en général les résultats de la première période. Cependant, le sol nu est devenu inférieur au paillage, ce à quoi on pouvait s'attendre. Les parcelles à fumier artificiel gardent un avantage de 10 % par rapport au sol nu et au paillage.

Il convient de noter que cette dernière période a été fortement gênée par une attaque de Cercosporiose assez grave et également par la présence de Nématodes. Il s'en est suivi un certain nivellement des rendements en 1956. Cet essai a été replanté en 1957 pour une nouvelle période.

Le lecteur pourra trouver que les différences constatées sont relativement faibles. Le défaut de cette expérimentation est d'avoir été installée sur un terrain trop riche en matière organique, de sorte que les effets sont relativement longs à apparaître et que la poursuite en est nécessaire encore quelques années.

D'une manière générale, il faut signaler que l'interprétation des résultats en essais sur bananiers est parfois délicate. On sait que ces plantes produisent environ 9 à 12 mois après la plantation, puis les rejets assurent la production suivante, et ainsi de suite. Les courbes représentent ces productions (individualisées selon qu'il s'agit d'une première production, puis de la production du rejet fils, puis du petit-fils, etc. étant entendu qu'il s'agit de « générations » végétatives) sont de plus en plus étalées. L'action de traitements favorables s'exerce par une plus ou moins grande précocité à la production et par une plus grande concentration de la récolte dans le temps. Les différences significatives apparaissent donc plus visiblement en cours de récolte qu'en fin de récolte où les retardataires ont produit.

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,

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

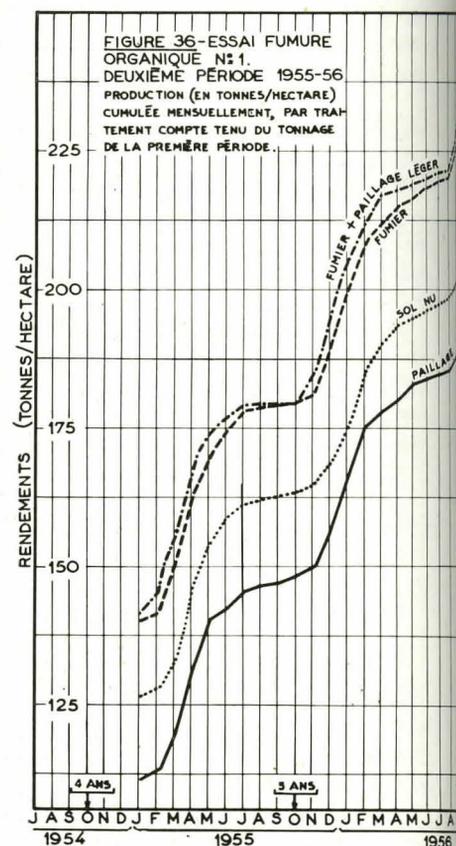
Ceci explique pourquoi on peut calculer les avantages d'une méthode sur une longue période de temps (cas de venu rare à causes des parasites et de la « fatigue » des bananeraies qu'ils provoquent) ou à des périodes déterminées, à la moitié ou aux trois quarts des récoltes de première tige ou de seconde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

Nous reviendrons maintenant aux questions de fumure organique :

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

Nous avons 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 :



	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 paillages 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) *Apports 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 desaturé 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, produisirent 135 à 192 % (fig. 37). Pendant la période suivante, le surplus de rendement s'accrût 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

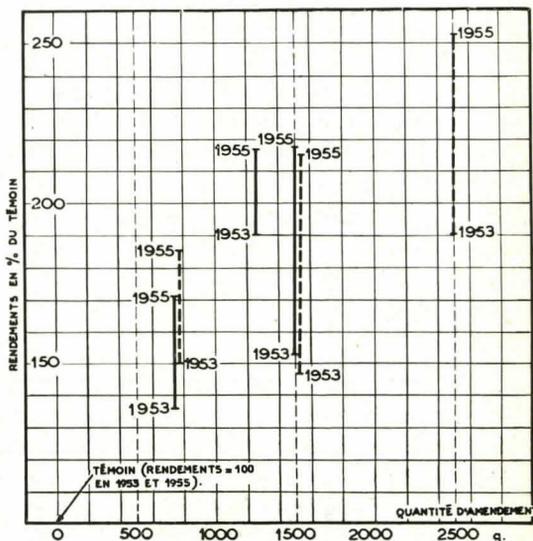


FIGURE 37 — ACTION DES AMENDEMENTS SUR LE RENDEMENT. POUR UNE DOSE IDENTIQUE D'AMENDEMENT, LES RENDEMENTS SONT PORTÉS EN CIRCLES, AUX ANNÉES 1953 ET 1955, EN POURCENTAGE DES TÉMOINS.

— CHAUX AGRICOLE. — CHAUX MAGNÉSIIENNE.

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).

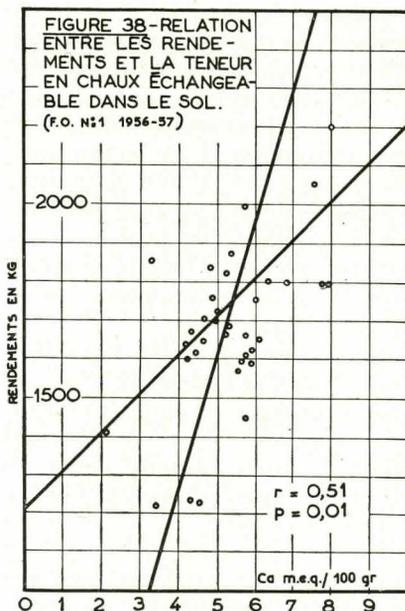
En conclusion, pour les amendements minéraux, le rendement est certainement en rapport direct avec le pH, dans les limites données (4,5 à 6,5) et le meilleur moyen pratique pour le planteur d'amener le pH à la limite supérieure est d'apporter à son sol des

(1) Celles faites par M. MORTY, 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.

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.



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 engrais minéraux.

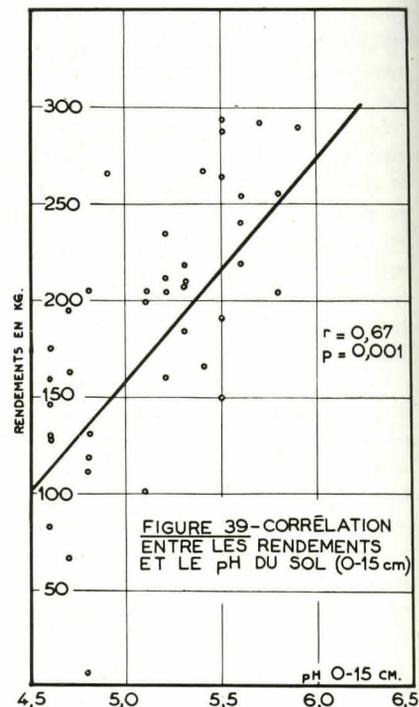
Le problème des engrais minéraux est plus complexe que les précédents, ou tout au moins il est plus difficile de distinguer l'action sur le sol et sa ferti-

lité et l'action nutritive directe. Pour certains éléments, le rôle du sol s'amoindrit 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, grosso modo, 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 abondamment pourvues.



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 planteurs 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

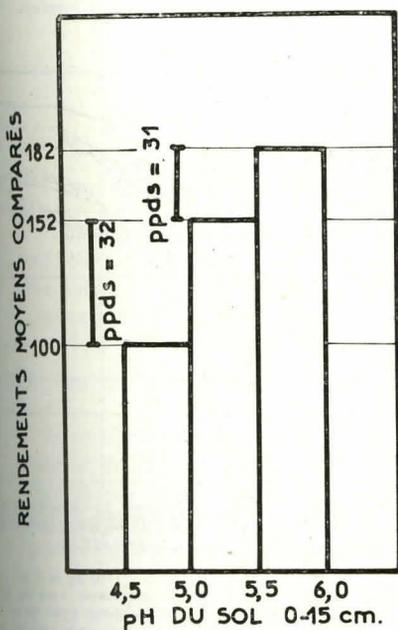
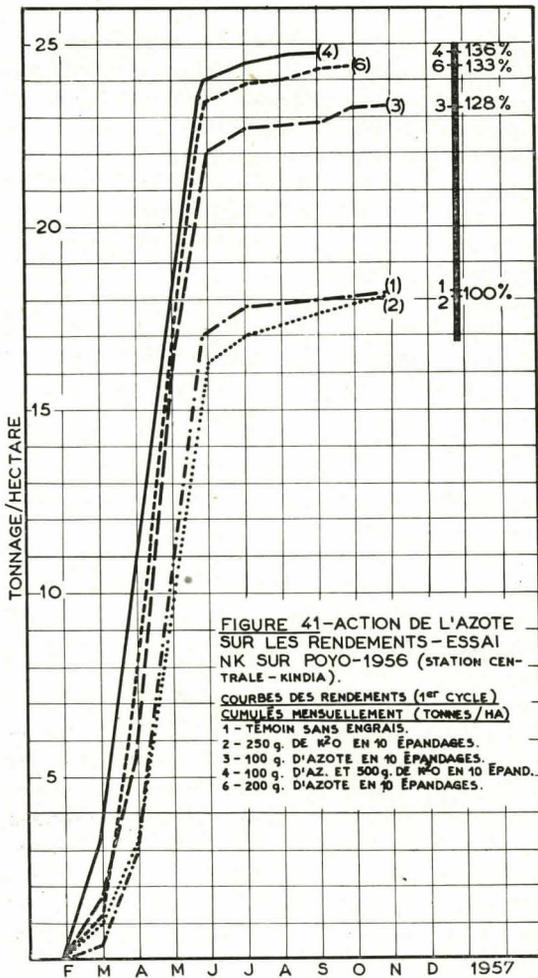


FIGURE 40 — ESSAI AMENDEMENT FASSARA — AUGMENTATION DES RENDREMENTS EN FONCTION DU pH DU SOL.



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.

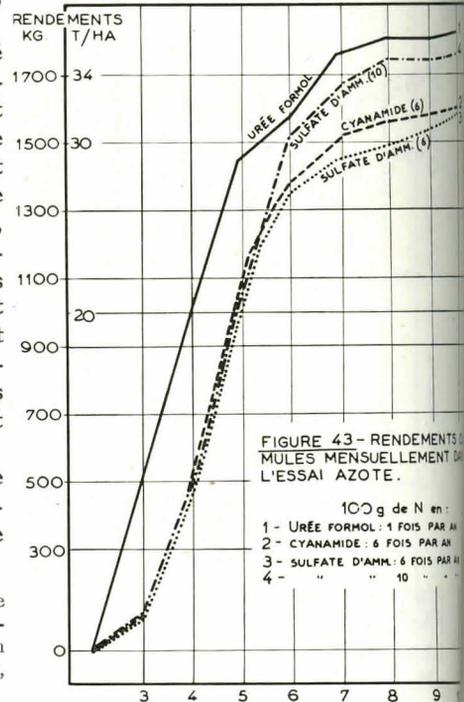
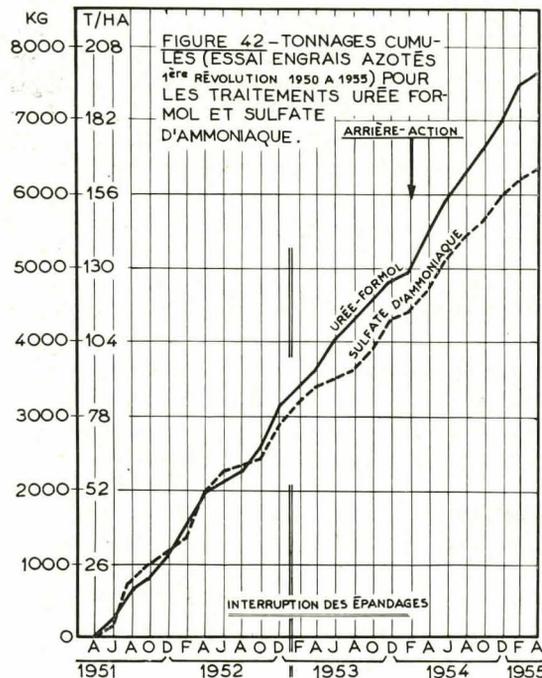
Les travaux déjà cités sur le comportement de l'azote dans le sol ont montré que cet élément y était extrêmement fugace pendant toutes les périodes très pluvieuses. Ceci coïncide avec les observations agronomiques faites sur le fractionnement des épandages.

En effet, un de nos essais étudie depuis 1950 la nature des engrais 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 montra 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, n° 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	100	36 T	100
2. Cyanamide : 6 fois par an ..	10	50	32	88
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 engrais 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, inconvénient, 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	2,6	72	6
(8,8)	(4,7)	72	(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 Friguigbé, 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 grosso modo, 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 :

<i>Bananeraies</i>	<i>K échang.</i>	m.é.q. pour 100 g de sol	
		<i>Mg. échang.</i>	<i>K/Mg</i>
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.

Centre pédologique de Hann-Dakar.

Foulaya, Station centrale de l'Institut français
de Recherches fruitières Outre-Mer.

Février 1958.

DOCUMENTS ANNEXES

à l'étude des sols
des bananeraies

ANNEXE N° 1

COMPOSITION DE QUELQUES ROCHES
DE GUINÉE

	Péridote	Dolérite	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
Mgm.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 manganométrique.

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 (CO₂) est exprimé en milligrammes de CO₂ 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 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 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 ‰	pH	Rende- ment
1 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	Azotemi- néral + Az. min.	N ‰	CO ₂	C ‰	CO ₂ /C	pH	Rende- ment
1 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 ompost	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 miné- ral + N minéral.	N ‰	CO ₂	C ‰	CO ₂ /C	pH
0 Témoin	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)
1 Amendement calciq.ue	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 calciq.ue + 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 10

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
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 ;	H ₂ O : humidité hygroscopique ;	HE : humidité équivalente ;	HF calculé : point de fétissement calculé ;	HF mesuré : point de fétissement 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	0,86	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. ‰	P ₂ O ₅ ass. ‰	P ₂ O ₅ ass. ‰	pH
Eb 1	15,5	6,82	44,0	0,11	0,23	4,28	2,20	0,87	1,05	0,49	4,9
2	17,3	7,35	42,5	0,12	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	0,43	5,6
4	15,9	10,48	66,0	0,83	0,11	5,74	3,80	0,26	0,31	0,35	5,3
5	9,5	7,54	79,4	0,15	0,09	4,60	2,70	0,23	0,29	0,13	5,1
6	10,2	8,55	83,8	0,40	0,11	5,74	2,30	0,43	0,45	0,21	5,5
7	5,3	5,29	(100,0)	0,34	0,10	3,25	1,60	0,60	0,63	0,45	5,6
8	6,5	6,50	(100,0)	0,36	0,10	3,64	2,40	0,43	0,47	0,42	6,1
9	18,5	7,29	39,4	0,11	0,08	4,60	2,50	0,15	1,06	0,75	5,6
10	—	11,16	—	0,11	0,08	8,27	2,70	1,36	1,68	1,23	6,9
11	14,0	5,84	41,8	0,51	0,08	3,25	2,00	0,15	0,16	0,12	5,1
12	6,4	3,09	48,3	0,25	0,06	1,28	1,50	0,30	0,33	0,25	4,9
13	8,7	6,71	77,1	1,10	0,08	3,53	2,00	0,85	0,98	0,56	5,1
14	10,6	2,33	22,0	0,47	0,06	0,50	1,30	0,10	0,15	0,16	4,5
15	6,8	5,44	80,0	0,30	0,06	3,28	1,80	1,08	1,25	0,95	5,9
16	9,3	6,12	65,8	0,45	0,07	5,00	0,60	1,17	1,55	0,86	5,7
17	7,1	3,79	53,4	0,28	0,62	1,89	1,00	0,16	0,21	0,20	5,1
18	6,8	4,07	59,8	0,34	1,42	1,81	0,50	0,32	0,36	0,27	4,9
19	9,5	5,32	56,0	0,70	1,19	2,43	1,00	0,31	0,34	0,18	4,5
20	4,4	1,56	35,4	0,08	0,55	0,53	< 0,40	0,05	0,10	0,12	5,5
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
15I	9,5	1,19	12,5	0,17	0,08	0,64	0,30	—	—	—	4,7
16I	3,6	2,64	72,5	0,08	0,35	1,68	0,50	—	—	—	6,0
17I	8,8	4,74	53,8	0,25	0,71	3,28	0,50	—	—	—	5,1
18I	4,7	2,47	52,5	0,17	0,42	1,38	0,50	—	—	—	4,7
19I	10,0	8,29	82,9	0,32	0,40	6,17	1,40	—	—	—	5,4
20I	13,5	1,48	11,0	0,25	0,52	0,21	0,50	—	—	—	4,8
21I	6,0	1,93	32,2	0,30	0,77	0,36	0,50	—	—	—	4,7
22I	12,3	9,54	77,6	0,55	0,44	5,65	2,90	—	—	—	5,6
23I	21,5	13,27	61,7	2,74	1,95	6,28	2,30	—	—	—	5,2
24I	13,0	9,92	76,3	0,28	2,45	6,49	0,70	—	—	—	5,1
25I	5,0	0,97	19,4	0,23	0,08	0,46	< 0,20	—	—	—	4,8
26I	5,2	2,07	39,8	0,19	0,90	0,78	< 0,20	—	—	—	4,7
27I	6,2	6,12	99,0	0,30	0,64	2,18	9,00	—	—	—	5,7
28I	12,4	12,32	(100,0)	0,72	0,90	7,70	3,00	—	—	—	6,2
30I	6,4	4,19	65,5	0,30	0,11	2,28	1,50	—	—	—	5,0
31I	6,5	4,21	64,8	0,28	0,80	2,43	0,70	—	—	—	4,2
32I	6,9	1,45	21,0	0,30	0,45	0,50	< 0,20	—	—	—	4,6
I : 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	