

# Contrôle de nutrition des bananeraies en Guinée

## (Premiers résultats)

par

J. DUMAS et P. MARTIN-PRÉVEL

Institut français de Recherches fruitières outre-mer (I. F. A. C.)

*Il est inutile de souligner aux lecteurs de FRUITS la part que prend l'alimentation des bananeraies dans l'obtention des bonnes récoltes et nous savons qu'il y a là chez tous les planteurs un souci constant de donner à leurs bananiers une « fumure bien équilibrée ». De telles préoccupations n'ont pas échappé à l'I. F. A. C. et nous publions aujourd'hui les premières indications obtenues à la suite de recherches préparatoires d'une part, de l'examen d'un certain nombre de bananeraies d'autre part, qui nous permettront prochainement d'apporter une collaboration efficace, nous l'espérons, à l'orientation de l'emploi des engrais dans la culture bananière.*

### INTRODUCTION

Il était normal d'aborder le problème de la nutrition minérale du bananier, posé à l'un de nous, par la technique du diagnostic foliaire. Elle fit l'objet de travaux préparatoires, qui seront publiés prochainement, portant sur la détermination des feuilles les plus représentatives et, sur ces feuilles, des zones à prélever. Cet outil de travail en main, une enquête dans les bananeraies guinéennes fut faite dont nous exposons ici les résultats. On pourra voir qu'ils se recourent très bien et qu'en particulier la « balance » entre le potassium et les autres éléments, phosphore mis à part, est précisée convenablement. Mais il n'est pas possible de donner comme définitifs des résultats obtenus sur vingt plantations seulement et nous sommes loin de l'assurance que donne dans la détermination de l'optimum nutritif l'examen de plus de cent plantations de pommiers comme ont pu le faire CAIN et BOYNTON aux E. U. A. Il faudra donc, avant de tenir pour définitivement valables les conclusions exposées ici, que bien d'autres plantations soient examinées à la fois partout où le bananier est cultivé et

également à des saisons aussi tranchées que possible. En attendant d'être assuré de cette validité, il est apparu qu'il serait intéressant de porter à la connaissance des planteurs les résultats de cette enquête qui, il faut le redire, doivent être confirmés par des enquêtes ultérieures portant sur le plus grand nombre possible de bananeraies.

### MATÉRIEL ET MÉTHODE

Une vingtaine de plantations ont été choisies dans la zone bananière guinéenne de telle sorte qu'elles représentent toute la gamme des rendements, depuis les rendements médiocres jusqu'aux plus élevés dans le but évident de trouver leurs caractéristiques respectives. La variété Petite Naine fut exclusivement examinée.

Chaque plantation fit l'objet d'une enquête agronomique aussi complète que possible ; en outre, on y choisit pour ses caractères typiques une parcelle de cinq cents bananiers au moins et on préleva des échantillons de feuilles et des échantillons de sol. La technique de prélèvements d'échantillons fo-

liaires sera définie prochainement ; disons seulement qu'on s'arrêta à trois stades différents de la plante : stade de la première feuille ou stade 1 qui représente le début de la phase autonome du développement de la plante, la sortie du régime ou stade 4, le point de coupe commercial défini par un stade de développement du fruit tel qu'il apparaît « trois quarts plein » ou stade 5. Le temps assez court dont on disposait a contraint de ne prélever que dix échantillons pour chacun des trois stades.

Les prélèvements ont été effectués sur une bande prise dans la portion la plus large du demi-limbe enveloppant. Cette bande est découpée en trois parties égales parallèlement à la nervure centrale : la portion I est proche de cette nervure, la portion II est la portion médiane, la portion III est la portion distale. Dans cette étude seule la portion I a été retenue.

Les analyses ont porté sur N, P, K, Ca, Mg. Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids sec et aussi en milliéquivalents % de la matière sèche pour les bases exclusivement : potassium, calcium, magnésium.

Les prélèvements du sol et les ana-

lyses ont été effectuées par F. DUGAIN, pédologue de l'O. R. S. T. O. M. à Dakar, suivant les méthodes qu'il a étudiées et mises point. Les analyses ont porté sur l'azote et le carbone d'une part, les acides humiques et fulviques d'autre part pour estimer le stade d'évolution de la matière organique ; également sur les bases échangeables exprimées en milliéquivalents % et l'acide phosphorique soluble dans l'acide citrique, pour estimer la fertilité minérale du sol de la bananeraie.

Les teneurs ont été considérées non seulement dans leur valeur absolue mais aussi dans leurs rapports entre elles. Du fait de son importance dans la vie du bananier, le potassium a été pris comme référence générale et les autres éléments, ions basiques et azote, lui ont été rapportés. Les corrélations ont été également étudiées et dans les graphiques binaires on trouvera toujours le potassium porté en ordonnée.

Afin de ne pas surcharger cet exposé, un certain nombre de graphiques ont été omis, en particulier tous les graphiques se rapportant au stade 4, aux rapports sol/plante, exception faite de l'acide phosphorique, et enfin aux valeurs relatives numériques, exception faite de K/N.

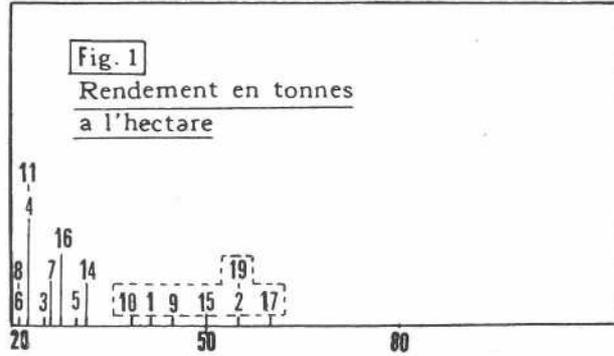
Nous avons pris comme base d'interprétation des teneurs obtenues les rendements tels qu'ils ressortaient de l'enquête qui accompagnait les prélèvements ; c'est évidemment « le critère » de toute recherche agronomique et nous avons posé comme principe que les plantations à haut rendement ou plantations de référence étaient caractérisées par la meilleure alimentation, ce qui implique évidemment un optimum dans les teneurs et leurs rapports entre elles. Nous avons donc situé ces plantations sur tous les graphiques par rapport aux plantations de moindre rendement et lorsque nous les avons trouvées groupées, et elles seules, dans une zone bien délimitée, nous avons convenu que nous avions là une zone d'optimum d'alimentation pour le ou les éléments considérés. Précisons que les plantations à haut rendement étaient celles où on récoltait au moins quarante tonnes à l'hectare par an.

RÉSULTATS

I. Les bananiers.

A) Les rendements.

On voit sur le graphique I que les plantations de référence sont : 1-2-9-10-15-17-19.



gnésium est moins nette dans le détail, mais sur l'ensemble des plantations examinées on peut dire que les teneurs sont identiques au début et à la fin de la vie de la plante.

Les feuilles de bananiers sont riches en éléments minéraux : les ions basiques ressortissent à plus de deux cents milliéquivalents le plus souvent — les teneurs en azote sont comprises entre trois et quatre pour cent — celles de phosphore sont de l'ordre de deux à trois pour mille.

Le tableau I donne les coefficients de variations des éléments minéraux aux stades 1 et 5 ; la variabilité diminue du début à la fin de la vie de la plante pour N, P, Ca et augmente pour K et Mg.

B) Les valeurs absolues.

L'examen des valeurs absolues montre que chez le bananier comme chez les autres plantes, l'azote, le phosphore, le potassium diminuent au fur et à mesure que la plante avance en âge tandis que dans le même temps le calcium augmente ; l'évolution du ma-

Bonnes et moins bonnes plantations sont intimement mêlées sur les graphiques linéaires 2 de telle sorte qu'il n'est pas possible de fixer ici les limites dans lesquelles se trouvent les bananeraies de référence.

C) Les valeurs relatives.

Recherchant toujours la position des plantations à haut rendement nous les trouvons encore une fois plus ou moins dispersées dans les graphiques des rapports entre ions basiques. Cependant, dans cette dispersion même, les positions respectives changent assez peu et dans l'ensemble, ce sont les mêmes plantations qui sont caractérisées par les indices faibles ou élevés.

TABLEAU I

Coefficients de variation.

	IF-I	Maturité-I
N %.....	8,9	5,2
P %.....	11,9	7,8
K meq %.....	7,4	12,4
Ca meq %.....	24,3	18,3
Mg meq %.....	16,4	30,1

Ces résultats se retrouvent pour le rapport entre le potassium et l'azote (fig. 12), sauf au stade 5 où toutes les bananeraies à haut rendement sont comprises dans un intervalle de K/N de 1,35 à 1,60. Notons qu'au stade 1 toutes les bonnes plantations, sauf la plantation 19, ont ce même indice compris entre 1,5 et 1,7. Mais d'autres bananeraies à rendements plus faibles sont également comprises entre ces limites. Enfin, comme précédemment, les mêmes plantations se situent à peu près dans les mêmes zones des graphiques.

C'est ainsi qu'on peut dire que les plantations 4, 8, 11, 12, 13 ont généralement des valeurs élevées pour les rapports du potassium aux autres éléments plastiques, que les plantations 1, 2, 3, 18 ont le plus souvent des valeurs faibles.

D) *Les corrélations.*

L'observation des graphiques binaires 3 à 10 et le calcul des corrélations nous ont donné les résultats suivants exposés dans le tableau 2.

On doit retenir de ce tableau l'absence de corrélation entre l'azote et le phosphore, le potassium et le calcium, le potassium et l'azote; la présence de corrélation entre le potassium et les bases totales d'une part, le calcium et le magnésium d'autre part au stade 1 seulement, enfin la présence de corrélations qui changent de signe quand

on passe du stade 1 au stade 4 entre le potassium et le magnésium et qui changent de nature entre le potassium et la somme calcium plus magnésium du stade 4 ou stade 5.

Les graphiques ne nous montrent pas régulièrement des zones où on puisse grouper les plantations de référence et elles seules; on ne les rencontre en fait qu'au stade 5 où elles n'apparaissent qu'en présence de potassium.

Pour plus de facilité on peut assimiler ces zones à des rectangles et on leur donne alors les dimensions suivantes qui constituent les limites où se trouvent incluses les plantations de référence :

K bases totales :	K = 85 à 95 meq
K/Ca + Mg :	K = 85 à 95 meq
K/Ca :	K = 85 à 95 meq
K/Mg :	K = 85 à 95 meq
K/N :	K = 3,35 à 3,70 %

E) *Équilibres ternaires* (1).

Ces équilibres, qui font intervenir les proportions relatives des trois ions basiques dans leur sommation égalée à cent, rassemblent les plantations en deux petites zones très denses aux stades 1 et 4, en une zone moins dense avec trois plantations plus écartées au stade 5. On y remarque surtout au fur et à mesure que la plante vieillit la chute de la part du potassium, l'augmentation de celle du calcium, mais aussi la faible diminution de la proportion du magnésium.

II. Le sol.

Pour le sol comme pour la plante,

←→ bases totales =	200 à 232 meq
←→ Ca + Mg =	110 à 145 meq
←→ Ca =	88 à 108 meq
←→ Mg =	25 à 40 meq
←→ N =	2,35 à 2,55 %

l'étude des valeurs absolues des teneurs en éléments minéraux ne nous permet aucune classification (fig. 13), car les bonnes plantations se trouvent réparties sur toute la longueur des graphiques linéaires, il faut cependant remarquer que six des huit plantations de référence, et elles seules, ont des teneurs en azote comprises entre 2 et 4 pour mille.

Les rapports entre bases nous donnent des renseignements moins vagues. C'est ainsi que toutes les bonnes plantations ont un rapport potasse sur bases totales inférieur à 0,13 et un rapport potasse sur chaux inférieur à 0,20, mais des plantations moins bonnes se trouvent aussi dans ces limites; le rapport potasse sur magnésium ne permet pas de fixer un rapport limite, car les bonnes plantations sont réparties sur toute la longueur du graphique. Remarquons enfin que, comme pour les teneurs dans les feuilles, on trouve à peu près situées au même endroit les mêmes plantations; du reste, ici aussi les plantations 4, 8, 13 se caractérisent par des valeurs élevées et les plantations 1, 18 par des valeurs faibles.

Enfin, l'examen des relations entre teneurs en bases des solutions d'extraction des sols n'a donné aucun résultat.

III. Le sol et la plante.

Si on peut dire qu'il n'y a pas de corrélation entre les teneurs en éléments minéraux des feuilles et celles des so-

(1) Pour alléger le texte les graphiques n'ont pas été publiés.

TABLEAU 2

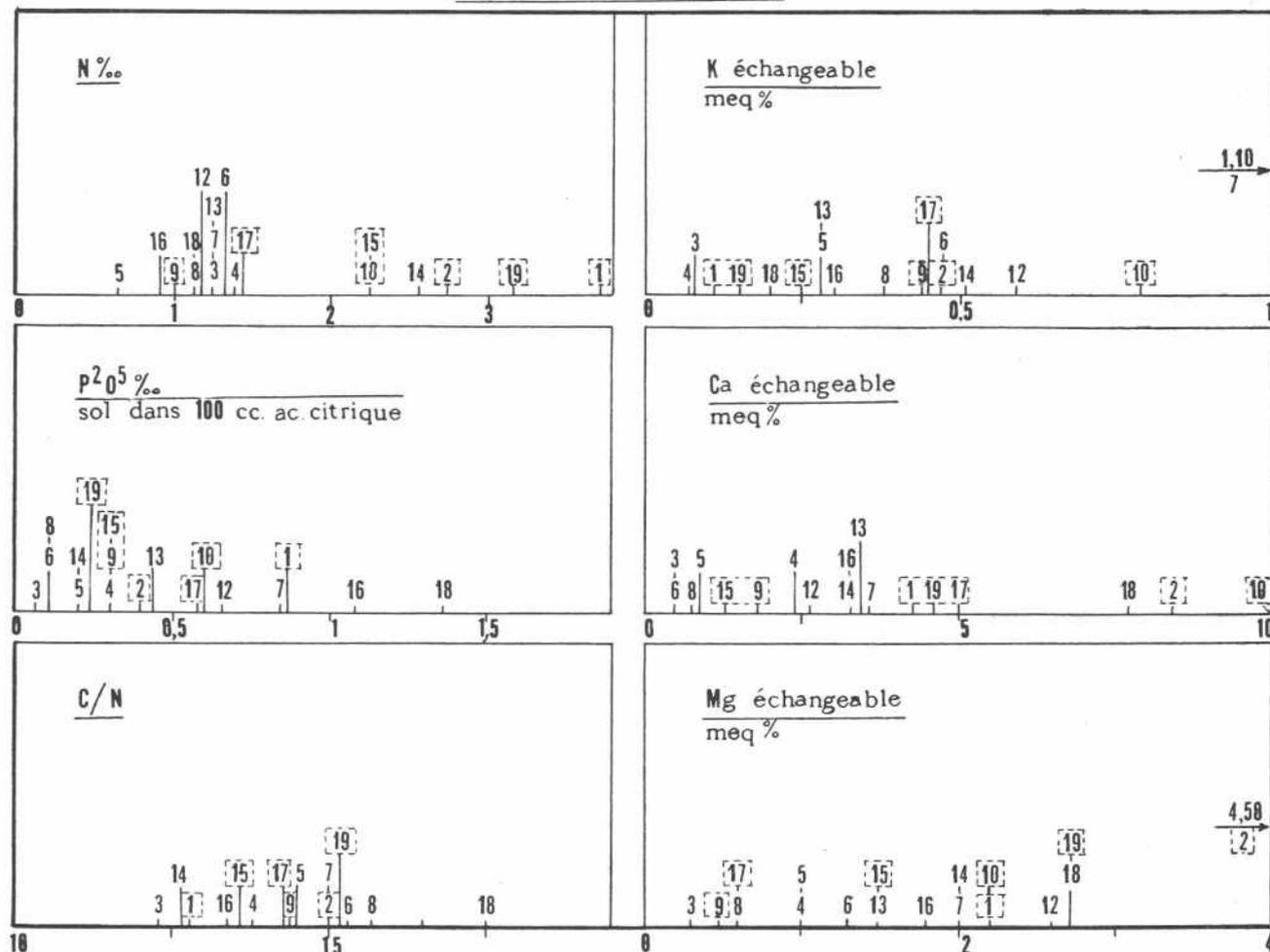
Corrélations et groupement des plantations de référence.

	Stade 1		Stade 4		Stade 5	
Potassium/bases totales.....	T. S.	+	T. S.	+	N. S.	G
Potassium/Calcium + Magnésium.....	N. S.		T. S.	—	Cv —	G
Potassium/Calcium.....	N. S.		N. S.		N. S.	G
Potassium/Magnésium.....	S.	+	T. S.	—	T. S. —	G
Calcium/Magnésium.....	T. S.	+	N. S.		N. S.	
Potassium/Azote.....	N. S.		N. S.		N. S.	G
Azote/Phosphore.....	N. S.		N. S.		N. S.	

Légende : N. S. = non significatif  
 T. S. = très significatif  
 S. = significatif  
 Cv = corrélation curvilinearéaire  
 + = corrélation positive  
 — = corrélation négative  
 G = plantations de référence groupées



Fig. 13 - TENEURS DES SOLS



lutions d'extraction des sols, il faut aussi souligner que les limites de variation des concentrations de ces solutions sont beaucoup plus larges que celles des feuilles : les teneurs les plus fortes dans les échantillons végétaux sont en général deux fois plus élevées que les teneurs les plus faibles, au plus trois fois comme c'est le cas du magnésium au stade 5, alors que dans les solutions d'extraction des sols le rapport entre fortes et faibles concentrations varie de cinq à dix.

Il peut être intéressant de considérer ce problème sous son aspect dynamique, car s'il y a absence de corrélation, les graphiques binaires ont une allure différente suivant que l'on passe du début à la fin de la vie de la plante. En effet, pour le phosphore, le calcium et le ma-

gnésium, on remarque un certain alignement au stade 1, tandis qu'au stade 5 on a, ou bien une tache diffuse ou bien une disposition des plantations parallèles à l'axe des Y. C'est dire qu'à la fin de la vie du bananier, les concentrations dans la plante pour P, Ca et Mg sont rigoureusement indépendantes de celles du sol, mesurées dans les solutions d'extraction, tandis qu'au début il peut y avoir un certain rapport entre le support actif et le végétal. Ceci est particulièrement net pour le phosphore : la figure 11 montre les deux aspects de ces relations. Il y a une corrélation positive très significative au stade 1 si on élimine les plantations 3, 4, 8, 18, 19 très éloignées de la corrélation (un tel procédé interdit évidemment de tirer des conclusions affir-

matives d'une corrélation obtenue en éliminant une partie des paramètres) alors que dans la plante âgée la concentration en phosphore des feuilles est tout à fait indépendante de la teneur du sol en acide phosphorique soluble dans l'acide citrique. Remarquons enfin que cette teneur est comprise entre 0,10 et 0,80 ‰ pour toutes les plantations de référence sauf une.

### INTERPRÉTATION

L'examen des valeurs absolues des concentrations dans les feuilles a montré que leurs variations d'une plantation à l'autre sont de peu d'amplitude, car on ne rencontre des teneurs variant du simple au double qu'en calcium au dé-

but de la vie de la plante, en calcium et en magnésium à la fin ; de plus, les valeurs absolues des teneurs des plantations à haut rendement n'occupent pas, sur les graphiques linéaires, des positions distinctes de celles des autres plantations. Dans ces conditions, il est peu vraisemblable que les différences de rendements s'expliquent par des différences entre teneurs en éléments plastiques et il est plus justifié de les rechercher dans les rapports entre eux.

Il paraîtrait de prime abord naturel d'étudier d'emblée les corrélations pouvant éventuellement exister entre les rendements et une expression quelconque des concentrations dans les feuilles ou le sol. Mais dans le cas d'un contrôle de la nutrition des plantations il ne faut pas perdre de vue que, quel que soit le soin apporté à l'enquête agronomique, les renseignements obtenus sont le résultat d'évaluations aussi serrées que possible certes mais non de mesures précises, que la conduite habituelle des plantations ne permet pas d'effectuer. On ne recherchera donc pas de corrélations dûment calculées entre rendement et teneurs, mais

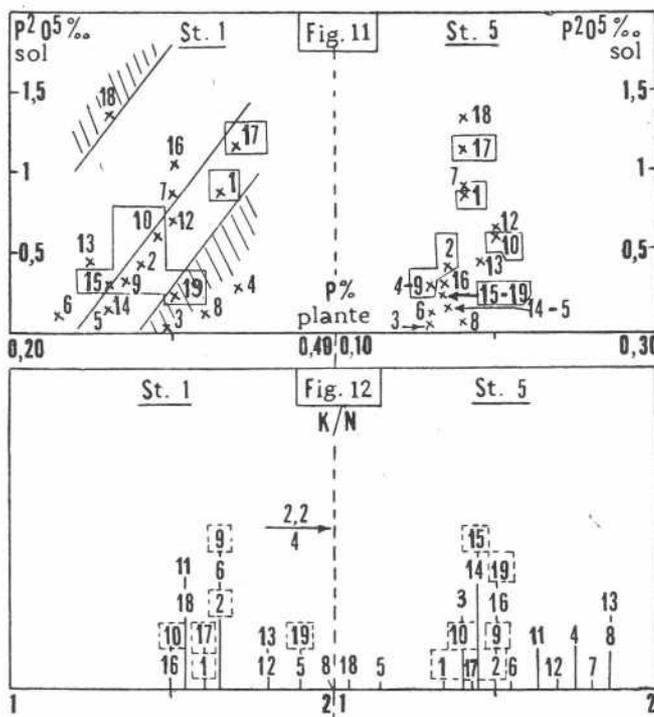
on utilisera plutôt la position des bananeraies dans des graphiques où les ions varient deux à deux. De tels graphiques binaires ont permis, nous l'avons vu, des recouvrements de position tels qu'à l'intersection de la zone optima de chacun des deux éléments apparaît la surface où ne se trouvent que les plantations les mieux alimentées en ions considérés.

**Les anions.**

A tous les stades le groupement très dense de toutes les plantations ne nous permet pas d'obtenir un renseignement quelconque, car bonnes et moins bonnes plantations sont très voisines : il n'apparaît donc dans cette investigation aucune balance entre l'azote et l'acide phosphorique. Précisons que le soufre n'a pas été dosé. C'est surtout au début de la vie de la plante qu'il semble y avoir le plus d'anarchie apparente dans les rapports entre ces deux éléments, car pour une même teneur en azote les concentrations en phosphore peuvent varier de vingt pour cent. Il y a sans doute là un net indice

d'accumulation de ce dernier ion qui pourrait résulter soit d'une carence relative en azote empêchant l'utilisation complète du stock de phosphate de la plante, soit plus simplement d'une consommation de luxe, et le bananier mettrait alors en réserve le phosphore dont il n'a nul besoin. Cette dernière hypothèse est la plus vraisemblable du fait du voisinage étroit sur le graphique des bonnes et des mauvaises plantations et si on doit la retenir il semble bien qu'un tel excès en phosphore ne soit pas nuisible au rendement puisque parmi les trois plus fortes concentrations en cet élément rencontrées dans ce contrôle se trouvent deux plantations de référence. Il est bien difficile dans ces conditions de fixer une limite à la teneur en P des feuilles au stade 1 tout au moins ; il ne paraît pas utile en tout cas que cette teneur exède 0,30 % ; par contre au stade 5 toutes les plantations de référence sont comprises entre 0,16 et 0,18 %.

Il n'est pas aisé de tirer une conclusion de la corrélation entre l'acide phosphorique du sol et le phosphore de la plante puisque cinq plantations, sur le graphique (fig. 11) nettement éloignées des autres, il est vrai, ont dû être écartées. Après avoir constaté que la fumure phosphatée ne peut dans ces cas rien expliquer, deux interprétations peuvent être données à la présence de fortes concentrations en P dans des bananiers croissant sur un sol pauvrement ou moyennement pourvu en cet élément : ou bien cet élément se trouve sous une forme particulièrement assimilable qui a échappé à l'extraction citrique ou bien le bananier n'a pas pu « assimiler » la totalité de cet élément absorbé qui n'a que partiellement migré vers les zones d'utilisation et s'est alors accumulé dans la feuille. Cette éventualité entraînerait alors la conclusion que ces plantations manquent relativement d'azote ou de soufre ; c'est peut-être le cas de la plantation 5 en ce qui concerne l'azote mais assurément pas celui des autres ; quant au soufre, ce qu'on sait des plantations guinéennes qui ont reçu de fortes quantités d'engrais très divers rend sa carence peu vraisemblable ; il est certain cependant que cet élément devrait être dosé. Re-



marquons aussi que les sols de toutes les bonnes plantations ont plus de 0,2 ‰ d'acide phosphorique soluble dans l'acide citrique.

C'est ici le seul cas où on puisse raccorder la teneur du sol à la concentration dans la feuille : même pour cet élément, pris à la fin de la vie de la plante, et pour l'azote à ce même stade, ces mêmes variations de la richesse du sol entraînent des variations beaucoup plus faibles dans les feuilles. Par contre, pour l'azote au début de la vie de la plante, les relations ont un caractère tout à fait opposé et ce sont les concentrations dans la feuille qui varient beaucoup plus que les teneurs du sol.

Il semble que tout se passe comme si l'absorption des anions par la jeune plante était davantage liée à la richesse minérale du sol que chez le bananier plus âgé qui doit assurer dans une certaine mesure la croissance d'un rejet vers lequel migre une partie des éléments minéraux ; ce phénomène de migration doit vraisemblablement prédominer sur l'absorption et un équilibre doit s'établir entre les besoins de la plante adulte qui assure l'évolution normale du régime et les exigences du rejet.

#### Les cations.

Il y a entre les bases, à l'exception du binôme potassium-calcium, des relations bien définies, c'est-à-dire que la mise à la disposition de la plante d'un des ions basiques ne sera pas indifférente à l'égard de la concentration des autres ions. Mais cette réciprocité évolue tout au long de la vie de la plante et la nature de la dépendance qui lie entre elles les variations ioniques peut se trouver modifiée ou peut même disparaître au fur et à mesure que la plante avance en âge.

C'est ainsi qu'une corrélation rectilinéaire négative apparut au stade 4 seulement entre le potassium et la somme calcium plus magnésium devient curvilinéaire de même signe au moment où le régime est prêt à être coupé ; ou encore une corrélation rectilinéaire positive entre le calcium et le magnésium disparaît définitivement au stade 4.

#### Somme des bases.

Nous avons vu que la somme des ions basiques n'est pas constante et varie de 20 % environ du début à la fin de la vie de la plante en passant par un minimum au stade 4. Mais il est surtout intéressant de remarquer que le potassium intervient dans la majeure partie du cycle complet du bananier pour la plus grande part dans cette somme si bien que les plus fortes teneurs en cet élément se traduisent par les plus grandes valeurs totales des bases. Par contre, au moment du développement le plus intense du régime et des exigences maxima du rejet (fig. 4) le potassium intervient selon des modes très différents : pour les concentrations peu élevées, soit celles comprises entre 75 et 90 meq, leurs accroissements provoquent une diminution de la somme des cations ; à partir de 100 meq au contraire toute augmentation de la teneur en potassium provoque une augmentation en ions basiques. En outre, entre 90 et 100 meq se trouve une zone intermédiaire où ces derniers varient indépendamment de la teneur en potassium et c'est précisément là qu'on rencontre toutes les plantations de référence et elles seules. Il semble que vers la fin de la vie de la plante la nutrition optimum des bananiers se caractérise par une certaine liberté dans les rapports entre ions alcalins et alcalinoterreux.

L'évolution des teneurs en potassium et en calcium tout au long du développement entraîne évidemment une modification des proportions relatives des éléments basiques les uns par rapport aux autres. Dans la somme des cations, le pourcentage du potassium ne cesse de décroître, celui du calcium d'augmenter et celui du magnésium, pour un certain nombre de plantations, reste constant et pour les autres ne diminue que peu.

Mais nulle part au cours de cette évolution il est apparu possible de faire coïncider les proportions relatives des cations entre eux avec les plantations de référence.

#### Cations alcalins et alcalinoterreux.

Si on étudie maintenant au stade 5

l'action réciproque des ions alcalinoterreux sur les ions alcalins (rappelons que les teneurs en sodium de l'ordre de 100 à 300 ppm nous autorisent à négliger cet élément), on voit sur le graphique 5 que pour des variations faibles de la teneur en potassium, 85 à 95 meq, la somme calcium plus magnésium varie, elle, de 110 à 144 meq. C'est-à-dire que, dans ces limites des teneurs en potassium, cet élément varie de 10 % seulement, tandis que les alcalinoterreux peuvent varier de 30 %. Mais en dehors de ces limites, les possibilités de variation des alcalinoterreux sont nettement plus étroites et bien définies par la corrélation curvilinéaire. Il s'ensuit que dans certaines conditions le potassium a une certaine tolérance à l'égard du calcium et du magnésium. Par contre dès que la somme Ca + Mg atteint une valeur faible, soit 100 meq environ, la teneur en K peut devenir forte et pour une diminution de 5 % du total en meq le potassium peut être dangereusement excédentaire. Au stade 4 les relations entre ces deux catégories d'éléments sont bien précises et régies par une corrélation rectilinéaire, tandis que rien n'apparaît au début de la vie de la plante.

Cet antagonisme, au-delà de la phase végétative de la plante, provoque évidemment de faibles teneurs en alcalinoterreux quand la feuille est riche en potassium. Il peut alors paraître étonnant qu'à partir de 100 meq en potassium la somme des ions basiques augmente au contraire avec cet ion : c'est que précisément du fait de cet antagonisme la part prise par le potassium dans la somme est tellement importante que ses augmentations dépassent en valeur absolue l'abaissement des concentrations en calcium plus magnésium et imprime sa marque aux modifications de cette somme. Ainsi, au stade 5, dans la plantation 18, le potassium (74 meq) intervient pour 34 % dans la somme des bases (216 meq), tandis que dans la plantation 8 le potassium (110 meq) intervient pour 55 % dans cette somme (202 meq).

#### Les ions basiques pris individuellement.

Si on décompose cette somme en ses

constituants individuels on voit bien plus nettement que les variations du potassium sont toujours moins importantes que celles du magnésium et c'est dans la zone des plantations les meilleures que ce caractère s'accuse : tout se passe bien comme si ces bananeraies se définissaient par une certaine tolérance du potassium à l'égard du magnésium.

S'il n'est pas apparu au cours de cette investigation une relation quelconque entre les variations du potassium et celles du calcium, par contre l'antagonisme réciproque du potassium à l'égard du magnésium est manifeste au-delà de la phase végétative de la plante, c'est-à-dire au moment où celle-ci subit les plus grandes exigences du fruit et du rejet. Il n'est pas impossible qu'à l'antagonisme classique, au niveau des racines, se superpose comme un effet tampon de la plante qui utiliserait le magnésium pour rétablir l'équilibre en ions basiques à la suite de la migration du potassium vers les organes en croissance intense.

En fait, au début de la vie de la plante, les ions basiques sont réunis entre eux par une corrélation positive sauf le potassium et le calcium : dans cette phase végétative, caractérisée par une intense élaboration de matières, il semble que ces ions s'exaltent les uns les autres concourent par là à l'enrichissement maximum du bananier.

#### Les ions basiques et le sol.

Leur absorption à partir des sols définis par leurs teneurs en « éléments échangeables » s'est révélée sans corrélation avec ces derniers ; mais on remarque une tendance à un alignement dans la mesure où on considère les ions alcalino-terreux et la phase végétative du bananier ; ce qui paraît le plus digne d'attention n'est sans doute pas cette tendance, mais plutôt le passage de ce qui pourrait être une relation entre teneur du sol et teneur de la plante et l'absence manifeste de toute relation aux stades 4 et 5. Des résultats plus nombreux devraient permettre de préciser ce dernier point. Pour le potassium, tout le long de la vie de

la plante, des variations de la teneur en potasse échangeable de l'ordre de 1 à 20 n'entraînent que des variations de la teneur dans la feuille de l'ordre de 1 à 1,3. Pour le calcium et le magnésium, au-delà de la phase végétative, les variations en ces éléments dépendent manifestement d'autre chose que de leur teneur dans le sol. Mais au stade 1, la teneur en calcium des feuilles marque une tendance à s'aligner sur la richesse en chaux du sol, à condition toutefois qu'il n'y ait pas davantage de 5 meq de chaux échangeable : il semblerait que la teneur maxima des échantillons foliaires prélevés à ce stade ne dépasse pas 30 meq et une richesse plus grande du sol n'accroîtra sans doute pas la concentration en calcium de la feuille. En se plaçant au strict point de vue de la nutrition calcique de la plante, on peut donc fixer à 5 meq la teneur en chaux échangeable qu'un sol guinéen de bananeraie n'a pas à dépasser. Par ailleurs, les sols des bonnes plantations en ont tous plus de 1 meq. Il ne paraît pas possible de fixer à partir de cette étude une limite aux teneurs en magnésium échangeable du sol.

On peut conclure des relations entre le sol et le bananier, telles qu'elles nous apparaissent dans cette étude, qu'il est possible de prévoir avec cependant une certaine marge d'erreur qu'une bananeraie sera riche en phosphore, en calcium, en magnésium suivant que l'acide phosphorique soluble dans l'acide citrique, la chaux et la magnésium échangeables du sol seront respectivement près de 0,20 ou 0,60 % de 2 ou 5 et de 0,2 ou 3 meq %. Précisons toutefois que ces indications n'ont rien d'impeccable et il est beaucoup plus sûr de compter sur une forte teneur en l'un de ces éléments dans la feuille quand la solution d'extraction du sol est riche que sur une teneur faible lorsqu'il se trouve à une faible concentration dans cette solution. Quoi qu'il en soit de la valeur représentative des teneurs du sol, elles ne sont interprétables en vue de leur transposition à la prévision ou l'explication des concentrations dans le bananier que dans la mesure où il s'agit des éléments les moins solubles considérés au plus pendant la phase végétative de cette plante.

#### Le rapport Potassium/Azote.

La zone optimum pour ces deux éléments n'a pu être définie dans cette investigation qu'à la fin de la vie du bananier ; le graphique n° 10 montre à ce stade les plantations de référence bien groupées dans un rectangle dont les coordonnées sont 3,35 à 3,70 % pour le potassium et 2,35 à 2,55 % pour l'azote.

On voit également que les variations de ce dernier élément pour toutes les plantations examinées sont faibles puisqu'elles sont comprises entre 2,30 et 2,70 %, soit 14 % contre 23 % au stade 1, tandis que les variations du potassium sont au contraire de 21 % au début de la vie de la plante contre 35 % à la fin. Il est vraisemblable qu'il faut en chercher la cause dans les exigences accrues du rejet et du futur régime qui sollicitent énergiquement vers leurs méristèmes les constituants azotés indispensables à l'élaboration des nouveaux tissus et l'importance de cette migration doit être telle qu'elle tend à niveler les différences de concentrations pouvant exister entre les plantations.

La livraison d'azote à la plante ne peut guère se prévoir à partir des analyses de terres des bananeraies : il faut vraisemblablement en chercher la cause dans leur richesse en matière organique, indispensable en cultures bananières car, très avide d'azote, elle retient cet élément plus ou moins fortement selon son degré d'évolution ; ce qui est d'autant plus vraisemblable que les nitrates sont peu utilisés en Guinée.

La valeur absolue de ce rapport K/N est un élément d'interprétation intéressant puisque au stade 1 pour toutes les plantations à haut rendement, sauf une il est inférieur à 1,7 et au stade 5 il reste inférieur sans exception à 1,6.

#### APPLICATIONS

##### La pulpe jaune.

Il est possible, grâce à ces résultats, de définir les conditions qui président à l'apparition de la « pulpe jaune ». Il s'agit là d'un comportement anormal

des bananes consistant en l'apparition prématurée du ramollissement et de la coloration jaune ou ocrée de la pulpe du fruit ; c'est en somme un déclenchement anticipé et un déroulement anormal des processus de maturation qui peuvent se produire dès la plantation et en tout cas se manifestent en mûrisserie causant une dépréciation importante du fruit. Lorsque cette évolution anormale des bananes affecte une plantation, les régimes doivent être coupés « plus maigres », c'est-à-dire avant l'aspect visuel extérieur normalement atteint pour la récolte, afin de prévenir le phénomène. Il y a donc dès le départ une perte de poids à quoi s'ajoute la diminution du prix de vente, car la coupe précoce du régime n'évite pas son comportement anormal en mûrisserie.

Le terme de pulpe jaune est très général et recouvre en réalité au moins deux types de coloration aberrante. On savait déjà que certaines conditions défavorables extérieures, telle que la sécheresse, provoquaient cette anomalie ; de même des conditions sanitaires défectueuses.

Dès 1954, il fut signalé à l'un de nous qu'une bananeraie réputée avait des fruits prématurément mûrs ; le contrôle de nutrition effectué montre un net excès de potassium qui peut se définir assez bien par rapport à l'azote ; en même temps le sol montrait une teneur en potassium échangeable de plus de 1 meq. La diminution ou la suppression des apports potassiques en même temps que l'apport d'azote supprima cette anomalie non seulement dans cette plantation mais aussi dans d'autres qui manifestaient des accidents semblables.

L'année suivante, l'enquête poursuivie par l'autre signataire de ces lignes montre le même déséquilibre par rapport à l'azote en même temps qu'une légère chute de la teneur en magnésium dans deux plantations à pulpe jaune très accusée ; leur sol bien pourvu en azote était riche en potasse échangeable : plus de 1 meq pour l'une plus de 2 pour l'autre. En outre dans ces plantations où l'engrais composé avait été apporté massivement à la fin de la saison des pluies, il est vraisemblable que l'azote avait été lessivé par les der-

nières tornades tandis que la potasse restait adsorbée par le complexe.

En 1956, dans ces mêmes plantations on supprima les apports potassiques, mais les bananiers furent gravement affectés par la sécheresse et les nématodes. Le rapport K/N restait élevé et la proportion relative de magnésium par rapport aux autres bases demeurait constante ou ne baissait que peu. Il est certain que l'intervention de la sécheresse rend l'interprétation difficile en accroissant non seulement la teneur en potassium mais toutes les teneurs en général par une augmentation générale de la concentration provoquée par le ralentissement de la croissance.

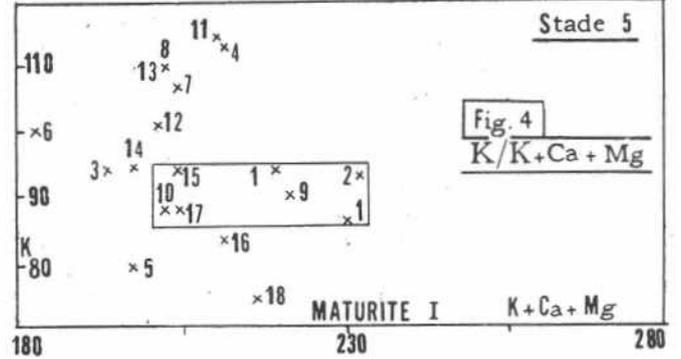
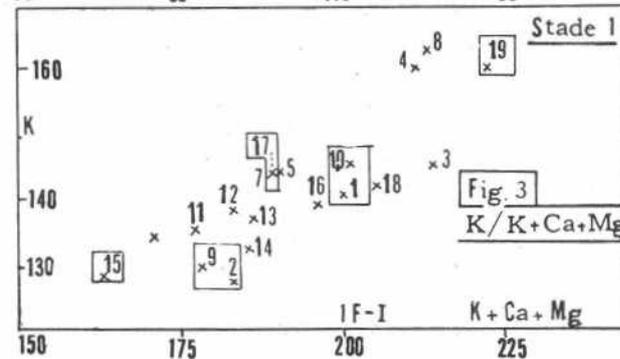
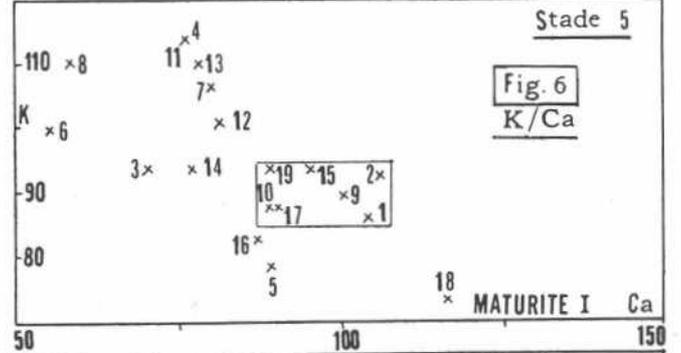
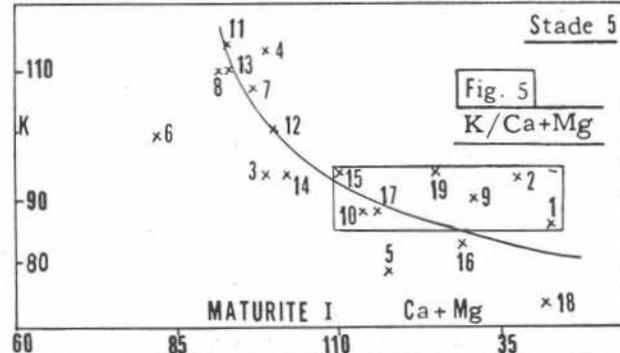
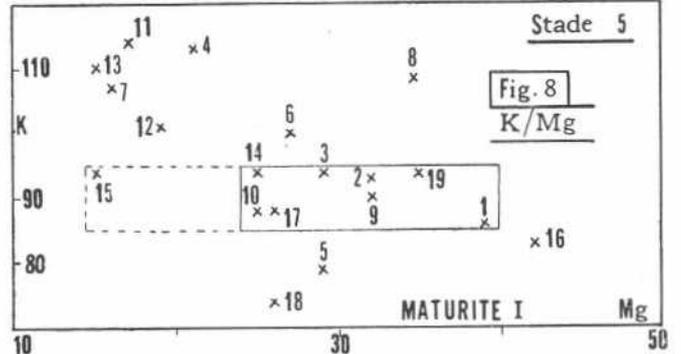
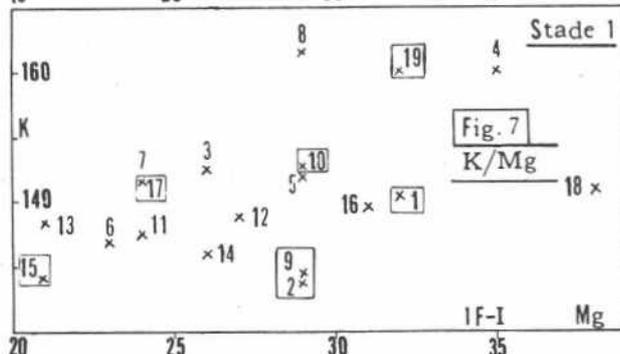
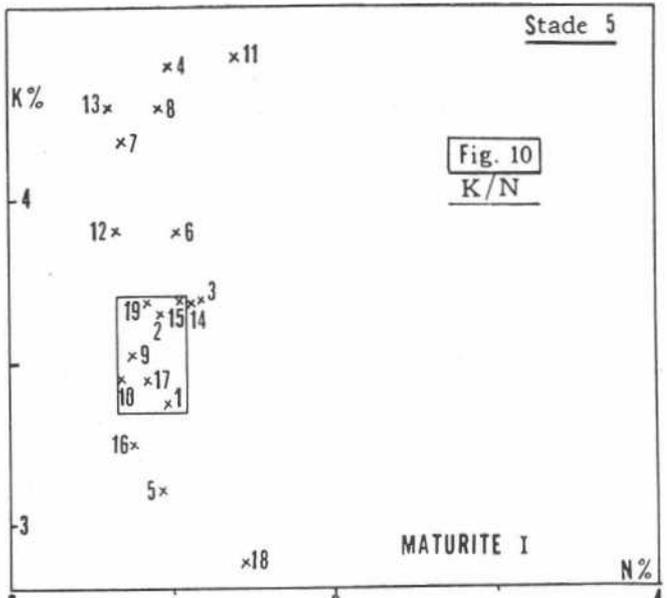
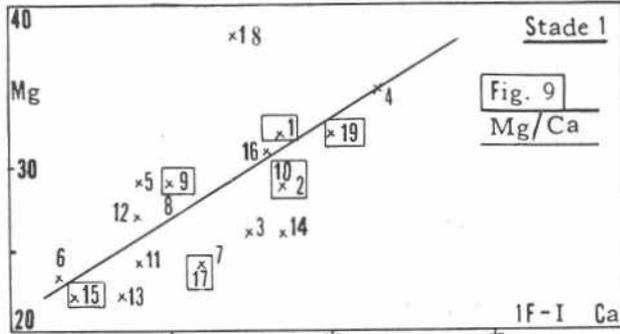
Au cours de cette même année, trois autres plantations à « pulpe jaune » furent examinées : 4, 8, 13. Le graphique n° 12 montre que les rapports K/N ont des valeurs très élevées tant au début qu'à la fin de la vie de la plante, bien que les teneurs en azote soient convenables. Par contre, les teneurs en calcium et magnésium se situent au stade 5 toujours sur la gauche des rectangles d'optimum (graphiques nos 4, 5, 6, 8). Si à ce stade on observe la proportion de potassium par rapport aux autres bases on remarque que ce sont les plantations à maturité avancée qui ont le pourcentage le plus élevé, c'est-à-dire supérieur à 53 % de la somme des bases en meq ; nous n'avons pas trouvé dans les cas examinés d'exception à cette règle. Quant aux proportions relatives du calcium et du potassium, il n'est pas possible d'en tirer des indications utilisables ici ; on peut seulement remarquer une tendance de la proportion de magnésium à diminuer du stade 1 au stade 5.

Il ne semble pas anormal que ce soit au stade 5, c'est-à-dire à la fin de la vie de la plante, que ces rapports soient clairement apparus, puisque c'est à ce moment que se produit l'évolution du régime. Leur importance apparaît quand on recherche toutes les plantations à rapport K/N élevé. Au stade 1 il y en a sept, en tenant compte de la teneur en azote de la plantation 7 qui manque à ce stade : 4, 8, 13 à pulpe jaune et 5, 12, 19 ; au stade 5 il n'en reste plus que cinq : 4, 8, 13 et 7, 12 ;

cependant parmi ces plantations trois seulement ont subi la pulpe jaune : c'est que précisément ce sont les seules dont les bases alcalino-terreuses étaient en quantité insuffisante pour « balancer » la forte teneur en potassium, les plantations 7, 12, 19 ayant respectivement 52, 50,5, 44 % de potassium dans la somme des ions basiques, soit moins de 53 %, proportion caractérisant, nous l'avons vu, les plantations dont le fruit évolue prématurément : dans notre enquête, les plantations à pulpe jaune : 4, 8, 13 ont précisément 54 %, 54,5 %, 54 %.

Nous pouvons donc maintenant préciser ce passage prématuré du fruit de la phase préclimactérique à réserves presque exclusivement amylicées à la phase climactérique où l'intensité respiratoire s'accroît et où les sucres apparaissent tandis que la pulpe perd notablement de sa dureté initiale. Si on fait abstraction des conditions extérieures anormales de développement ou de maladie parasitaire, on peut rattacher le phénomène de « pulpe jaune » à un excès de potassium qui doit être examiné d'une part par rapport à l'azote dès le début de la vie de la plante, par rapport au calcium et au magnésium à la fin, d'autre part.

Il est bien difficile dans la pratique culturale de définir la dose d'engrais potassique entraînant un excès car, ni l'examen des teneurs des sols des plantations à pulpe jaune (sauf quelques cas d'énormes excès), ni l'examen des apports effectués sur ces plantations, ne permet d'expliquer le comportement des bananiers. Cela tient vraisemblablement aux méthodes de culture guinéenne qui fabriquent littéralement le sol de la bananeraie par des apports de sols et de matières végétales les plus variés, réalisant ainsi une hétérogénéité considérable entre les plantations et interdisant la constitution d'un type pédologique déterminé. La seule méthode pour déterminer l'excès relatif de potassium est le contrôle de nutrition qui permet de comparer les teneurs des plantations suspectes aux teneurs de référence ; puis à partir de l'étude du sol et surtout de l'enquête agronomique il est possible d'envisager un nouveau plan de fumure.



### Les plantations 14 et 15.

Dans les cinq rectangles de référence on rencontre à deux reprises la plantation 14 : graphique K/N et graphique K/Mg (fig. 8-10). C'est une plantation rendant 33 t à l'hectare, par conséquent proche des rendements élevés, mais les fruits restent petits et évoluent très lentement. Il semble que le trouble de la nutrition porte sur un déséquilibre peu accusé, il est vrai, entre le potassium d'une part, le calcium et le magnésium d'autre part (graphique n° 5) ; l'accent doit être mis sur l'insuffisance en calcium, le magnésium au stade 5 étant au niveau de la plus faible teneur des plantations de référence (graphique n°s 6-8).

La plantation 15, très fertile, a cependant un déséquilibre portant aussi sur les mêmes éléments, mais il se présente d'une autre manière. Au stade 5, le total des bases alcalino-terreuses, bien que faible, reste très proche des autres plantations de référence et parmi ces bases, seul le calcium se trouve à une concentration convenable ; par contre le magnésium est très déficitaire. Mais il faut remarquer que ce dernier élément est resté faible tout le long de la vie de la plante, tandis que le taux de calcium, faible au début, s'est par la suite relevé de telle sorte que nous avons au stade 5 la plus forte proportion de calcium par rapport aux autres bases pour une proportion de magné-

sium qui est la plus faible. Étant donné que cette plantation, qui est une des plus belles de Guinée, a un déficit accusé en magnésium tout au long de la vie de la plante, nous formulons deux hypothèses qu'il sera d'un grand intérêt de contrôler :

— dans certains cas, qu'il reste à définir, le calcium peut remplacer le magnésium dans l'équilibre des bases, ce qui entraînerait que :

— entre 85 et 95 meq de potasse au stade 5, le bananier serait capable d'une très grande tolérance à l'égard du magnésium ; ce que nous avons déjà observé. Remarquons enfin que cette plantation est aberrante à plus d'un titre puisque le sol prospecté par les racines a été constitué par des apports de gravillons latéritiques reposant sur un sol typiquement hydromorphe sablo-limoneux faisant suite à un horizon de sable très blanc (interprétation pédologique de F. Dugrain).

L'ensemble des bananeraies examinées nous montre que les bananiers sont en général largement pourvus en potassium ; mais la balance entre cet élément et les autres ions basiques est loin d'être satisfaisante, car on rencontre fréquemment dans les bananeraies guinéennes des excès et des déficiences en potassium. La moitié environ des bananeraies étudiées ont des teneurs convenables en calcium et magnésium,

mais ceci est avant tout dû à l'intervention du potassium et c'est, semble-t-il, la teneur en cet élément le plus soluble et par conséquent le plus mobile qu'il importe de régler pour obtenir l'équilibre indispensable qui conduit aux hauts rendements en fruits physiologiquement équilibrés. Il est évident que cela n'est réalisable que dans la mesure où les disponibilités en calcium et magnésium sont convenables : d'où l'importance de la réaction du sol en culture bananière tropicale.

L'azote est en général bien représenté et nous n'avons pas rencontré d'excès en cet élément ; il est tout à fait indispensable au développement de toute plante et le bananier n'échappe pas à cette règle ; mais il l'est ici à un titre supplémentaire, car la richesse en résidus végétaux des sols de bananeraies guinéennes exige, pour une évolution normale de la matière organique, un approvisionnement important en cet élément.

L'acide phosphorique enfin paraît abondant, mais on n'a pas encore, il faut bien le dire, de renseignements sûrs permettant de déterminer un seuil au-dessous duquel on ne doit pas descendre. Cependant la plupart des plantations examinées pourraient très vraisemblablement se passer d'apports supplémentaires de cet élément pendant un an au moins.

### CONCLUSION

D'une enquête sur la nutrition des bananeraies guinéennes plantées en « Petites Naines » effectuée à l'issue d'une saison sèche bien marquée, on peut tirer les enseignements suivants :

— le potassium est un élément primordial dans la nutrition des bananiers et les hauts rendements en fruits de bonne qualité ne peuvent être obtenus que si certaines exigences d'équilibre au sein de la plante, entre cet élément et l'azote d'une part, le calcium et le magnésium d'autre part, sont satisfaites ;

— au début de la vie du bananier, c'est-à-dire au moment où le rejet commence sa vie autonome, les limites des concentrations dans la feuille des éléments dits plastiques n'apparaissent pas avec netteté ; néanmoins, la « balance » entre l'azote et le potassium a pu être définie quant aux valeurs limites du rapport K/N qui doit rester compris entre 1,35 et 1,60 ;

— à la fin de la vie de la plante, et dans les conditions de l'enquête, c'est-à-dire pour des bananiers ayant végété pendant trois mois sous un climat nettement sec, l'équilibre optimum se définit ainsi au moment où le régime, prêt à être coupé, est parvenu à un point d'évolution tel

qu'il ne peut augmenter de poids sans compromettre et sa stabilité au cours du transport et son comportement en mûrisserie :

en %	$3,35 < K < 3,70$	en meq	$85 < K < 95$
	$1,76 < Ca < 2,06$		$88 < Ca < 108$
	$0,30 < Mg < 0,49$		$25 < Mg < 40$
	$2,35 < N < 2,55$		

A ce stade le rapport K/N doit rester compris entre 1,5 et 1,7.

— L'acide phosphorique semble être en quantité très largement suffisante à la suite d'apports traditionnellement effectués.

— Quant au sol, les limites de ses teneurs optimales sont malaisées à fixer, car la nature pédologique des bananeraies guinéennes varie considérablement ; cependant l'I.F.A.C. a montré par ailleurs qu'un sol riche en matières organiques bien décomposées est apte à produire de fortes récoltes. Les amendements y jouent donc un rôle important, car un  $pH$  voisin de 6 s'est révélé très favorable ; il est indispensable de les apporter en quantités suffisantes dans des sols originellement acides ( $pH$  4 à 5). De plus le rôle du calcium et du magnésium dans la physiologie du bananier est loin d'être négligeable ; car tout se passe comme si ces ions servaient à « équilibrer » les fortes teneurs en potassium de cette plante. Il semble que la teneur en potassium du sol sous la forme traditionnellement dite échangeable ne doive pas dépasser 0,5 meq. On ne peut guère par contre fixer de limites aux teneurs en chaux échangeable, des sols de plantations qui semblent bien s'accommoder de fortes concentrations en cet élément. Par contre en acide phosphorique soluble dans l'acide citrique les teneurs limites pourraient être : 0,2 à 0,6 ‰.

— L'évolution prématurée et anormale de la banane dite « pulpe jaune » qui donne un fruit déprécié est apparue en relation avec un excès de potassium qui doit être défini par rapport à l'azote d'une part, par rapport au calcium et au magnésium d'autre part.

— Il est évident que ces résultats doivent être recoupsés avant d'être tenus pour définitifs et il importe de les contrôler dans les conditions pédoclimatiques les plus variées.

I. F. A. C.  
Paris-Foulaya 1956/1958.



**PLANTEURS,**  
l'emploi judicieux  
de l'amendement CALCO-MAGNÉSIEN

# DOLOSAL

— Active l'action des engrais  
— Augmente vos rendements

**Produits des SALINS DU CAP VERT**  
— 39, allées de Chartres, BORDEAUX —

**CONTRE LA MOISSURE  
DES AGRUMES**

## SUPER-PENTABOR N

— SANS DANGER —

**S. A. BORAX FRANÇAIS**  
64, rue des Mathurins, PARIS 8<sup>e</sup>  
ET DROGUERIES D'AFRIQUE DU NORD