

Relations entre les caractéristiques physico-chimiques des sols de la région de Kibungo au Rwanda et le potentiel de production des bananiers.

Application à la gestion de la fertilité des sols.

J. GODEFROY, X. PERRIER, V. RUTUNGA et A. SEBAHUTU*

RELATIONS BETWEEN THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOILS IN THE KIBUNGO REGION IN RWANDA AND THE BANANA PRODUCTION POTENTIAL.

APPLICATION TO SOIL FERTILITY MANAGEMENT.

J. GODEFROY, X. PERRIER, V. RUTUNGA
and A. SEBAHUTU.

Fruits, Nov.-Dec. 1991, vol. 46, n° 6, p. 625-631.

ABSTRACT - Texture has little influence on the production potential. In contrast, the chemical characteristics have a major effect. The limiting factors are the soil potassium and phosphorus contents. As the soils generally have satisfactory calcium and magnesium contents and a slightly acid or neutral pH, these three characteristics have little effect on productivity. Critical thresholds for soil mineral contents are proposed.

RELATIONS ENTRE LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS DE LA REGION DE KIBUNGO AU RWANDA ET LE POTENTIEL DE PRODUCTION DES BANANIERES.

APPLICATION A LA GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS.

J. GODEFROY, X. PERRIER, V. RUTUNGA et
A. SEBAHUTU.

Fruits, Nov.-Dec. 1991, vol. 46, n° 6, p. 625-631.

RESUME - La texture a peu d'influence sur le potentiel de production ; en revanche, les caractéristiques chimiques ont une action majeure. Les facteurs limitants sont les teneurs en potassium et en phosphore des sols. Les terres étant, généralement, bien pourvues en calcium et en magnésium avec des pH faiblement acides ou neutres, ces trois caractéristiques interfèrent peu sur la productivité. Des seuils critiques des teneurs en éléments minéraux du sol sont proposés.

MOTS CLES - Bananier, Potentiel de production, Fertilité, Rwanda.

INTRODUCTION

La production d'une culture dépend des facteurs d'ordres : climatique (énergie lumineuse, température, pluviosité), édaphique (caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols), parasitaire (ravageurs, champignons, virus) et humain (technicité de l'agriculteur).

Dans cette étude, réalisée dans le cadre d'une enquête pluridisciplinaire, nous nous limitons à l'étude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des sols et la productivité des bananiers. La prise en compte des facteurs climatiques eût été souhaitable mais des observa-

tions météorologiques à l'échelle des exploitations n'existent pas.

L'action des facteurs d'ordre parasitaire et celle des facteurs humains (techniques culturales) seront traitées dans des articles à suivre.

METHODE

Conditions de l'étude.

Les caractéristiques du milieu physique des bananeraies de la région de Kibungo, ainsi que les conditions de réalisation de l'étude ont été présentées dans un premier article (GODEFROY *et al.*, 1991). Rappelons que l'étude, réalisée sous forme d'enquête-diagnostic, concerne 170 parcelles culturales dans lesquelles aucune fertilisation

* - GODEFROY et PERRIER - CIRAD-IRFA - B.P. 5035,
34032 MONTPELLIER CEDEX 01 (France)
RUTUNGA et SEBAHUTU - ISAR - B.P. 138
BUTARE (République du Rwanda).

minérale n'est appliquée. En revanche, la majorité des terres de bananeraies ont été amendées par des apports de fumure organique, principalement lorsque le bananier est en culture monospécifique et les parcelles situées proches de l'habitation.

Les divers cultivars appartiennent aux groupes AAA (151 parcelles), ABB (17 parcelles) et AB (2 parcelles).

Appréciation du potentiel de production.

Dans les conditions de l'enquête, il n'a pas été possible d'obtenir des informations fiables sur les rendements parcelles ni sur les poids moyens des régimes mais seulement, sur le potentiel de production des bananiers. On sait, en effet, d'après les très nombreuses études faites sur le bananier, que le potentiel de production peut être approché par l'état de croissance des bananiers au stade floraison (MARTIN-PREVEL et MONTAGUT, 1966 ; LASSOUDIÈRE, 1978 ; GANRY, 1980). Une estimation de ce potentiel est donnée par les caractéristiques végétatives des bananiers : hauteur, circonférence des stipes mesurée à 150 cm du sol, nombre de feuilles vivantes et dimensions du limbe de la feuille «III». La circonférence étant en bonne liaison linéaire avec la hauteur de la plante, la longueur et la largeur de la feuille «III» (ISAR/IRFA, 1989), c'est ce critère qui a été retenu pour caractériser l'état végétatif des bananiers. La circonférence des stipes, est, d'autre part, généralement bien corrélée avec le poids du régime (LOSSOIS, 1963). Six classes de circonférences ont été définies :

1. ≤ 39 cm
2. $> 39 \leq 44$ cm
3. $> 44 \leq 49$ cm
4. $> 49 \leq 54$ cm
5. $> 54 \leq 59$ cm
6. > 59 cm

Les circonférences moyennes par parcelle sont calculées sur 10 bananiers.

RESULTATS ET DISCUSSION

Relation entre les caractéristiques physico-chimiques des sols et le potentiel de production.

● Action de la texture.

La projection des 170 parcelles, identifiées par leur classe de circonférence (1 à 6), sur le triangle textural, montre

qu'il n'y a pas de relation entre la texture et le développement des bananiers (figure 1). Pour chacune des 6 classes, la distribution est comparable. On observe, toutefois, que 18 p. 100 seulement des parcelles de classe 6 ont plus de 40 p. 100 d'argile, contre 47 p. 100 pour celles de classe 1. D'autre part, la teneur moyenne en argile est un peu plus élevée dans les bananeraies de classe 1 que dans celles de classe 6 et, inversement pour la teneur en sable (tableau 1).

● Action des caractéristiques chimiques.

Trois approches ont été utilisées : a) étude des relations entre les circonférences et chaque variable chimique ; b) comparaison des teneurs moyennes des sols en éléments fertilisants, calculées par classes de circonférences, avec le développement des bananiers ; c) étude «globale» par la méthode de l'analyse en composantes principales (ACP).

a) les graphiques binaires : circonférence - variable chimique, ainsi que les calculs des coefficients de corrélation «r» indiquent pour toutes les caractéristiques une relation entre le développement des stipes et la variable considérée mais avec une très forte dispersion des points et des valeurs faibles de «r». Ces graphiques peuvent être consultés dans ISAR-IRFA, 1989.

Les coefficients de corrélation les plus faibles (0,15 à 0,19) sont ceux du carbone, de l'azote, du magnésium échangeable et du phosphore total. Les plus élevés sont ceux du pH et du potassium échangeable : 0,51 et 0,49 ($P < 0,01$). La relation n'est pas améliorée, si au lieu de K échangeable on considère les rapports K/CEC ou K/Ca + Mg ($r = 0,43$ dans les 2 cas). Les autres valeurs des coefficients de corrélation sont de 0,32 pour la capacité d'échange cationique (CEC) et le phosphore assimilable ; de 0,27 pour le calcium échangeable. Pour Ca, on observe que les circonférences des stipes sont toujours inférieures à 50 cm lorsque $Ca < 6,0$ mé/100 g.

Mentionnons que pour 170 couples, le seuil de signification à 5 p. 100 du coefficient de corrélation est de 0,15.

b) Les caractéristiques chimiques moyennes des sols, calculées par classes de circonférence sont indiquées dans le tableau 2. Les relations avec les circonférences sont très nettes pour le potassium et pour le pH dont les valeurs croissent de la classe 1 à la classe 6. Ces 2 variables sont, également, celles qui ont les coefficients de corrélation les plus élevés avec les circonférences (cf. ci-dessus). Pour les variables : carbone, calcium, CEC, phosphore total et assimilable, les teneurs augmentent, également, avec les

TABLEAU 1 - Relation entre les circonférences des stipes des bananiers et la composition granulométrique (*).

Classes de circonférences	1	2	3	4	5	6
Argile p. 100	41	39	36	33	37	31
Limon p. 100	25	24	26	29	26	29
Sable p. 100	34	37	37	38	37	40

* - teneurs moyennes pondérales

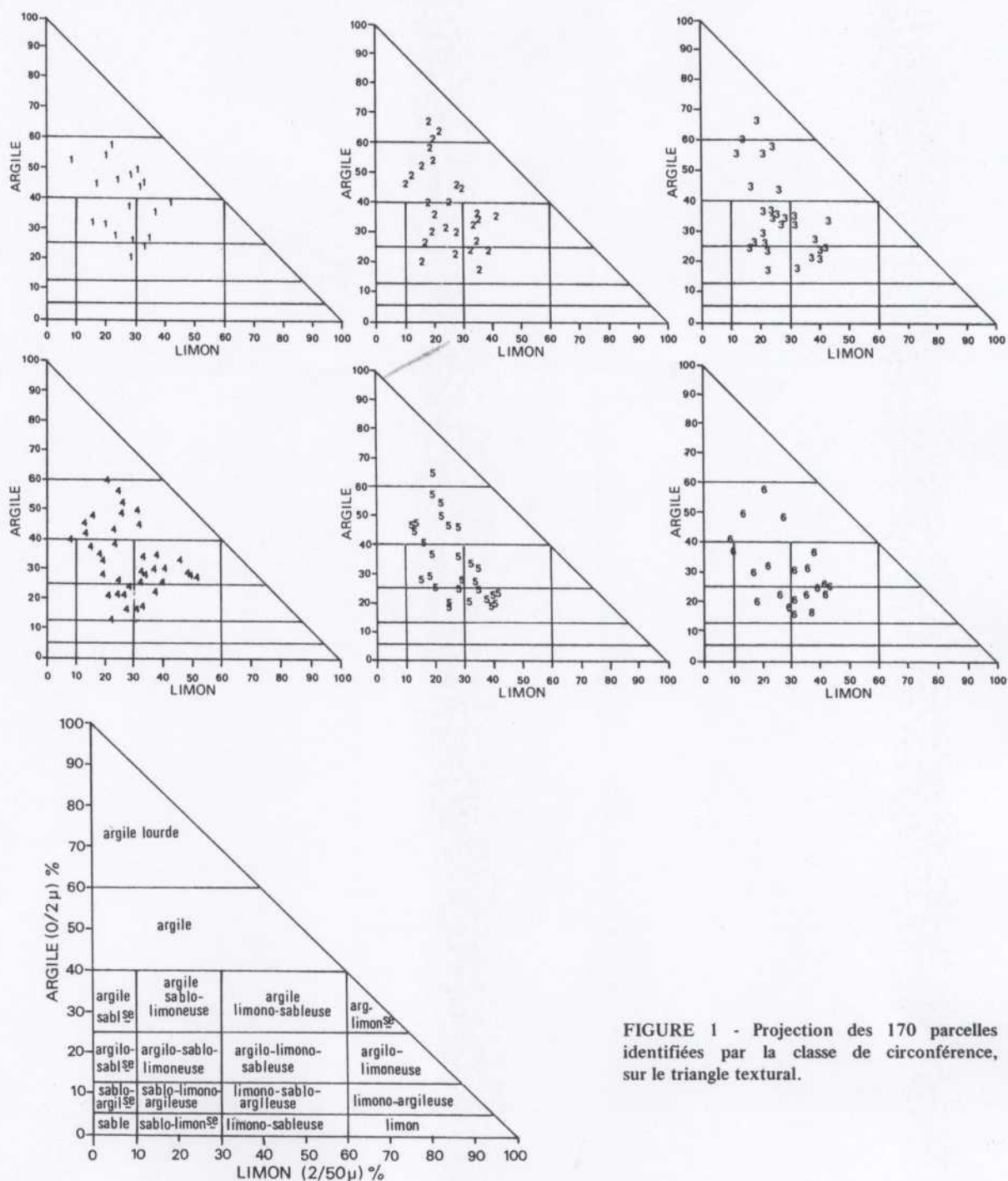


FIGURE 1 - Projection des 170 parcelles identifiées par la classe de circonférence, sur le triangle textural.

classes de circonférences, à l'exception de la classe 2. Pour l'azote total et le magnésium, les relations sont moins nettes ; on observe, seulement, que les teneurs de classes 1 et 2 sont plus faibles que celles des classes 5 et 6.

c) L'analyse en composantes principales (ACP), effectuée sur les 9 variables « caractéristiques chimiques » et 3 variables « granulométrie » : argile, limon et sable, a été présentée dans le premier article (GODEFROY *et al.*, 1991). Nous avons montré que les parcelles à coordonnées

positives sur l'axe 1 étaient d'autant plus fertiles chimiquement que les valeurs étaient élevées et, inversement, pour les parcelles à coordonnées négatives. Celles de coordonnées proches de zéro sont intermédiaires (figure 2).

Pour juger de la relation entre la fertilité chimique des sols et le potentiel de production des bananiers, nous avons projeté les parcelles identifiées par la classe de circonférence des stipes (1 à 6) sur le plan formé par les axes 1 et 2 de l'ACP (figure 3). On observe que les pourcentages de parcelles à coordonnées positives sur l'axe 1, donc de bonne

TABLEAU 2 - Relations entre les circonférences des stipes des bananiers et les caractéristiques chimiques du sol (groupe AAA, seulement).

Classes de circonférences	1	2	3	4	5	6
C total p. 1000	24,4	26,3	26,0	26,5	28,8	29,1
N total p. 1000	2,3	2,4	2,3	2,6	2,6	2,6
Ca échangeable mé/100 g	8,9	10,8	10,3	11,6	11,9	13,1
Mg échangeable mé/100 g	4,2	4,6	4,8	4,6	5,3	5,5
K échangeable mé/100 g	0,7	1,1	1,3	1,5	2,1	2,7
CEC échangeable mé/100 g	13,6	16,0	15,5	16,7	18,1	20,0
pH	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	6,9
P total ppm	729	976	838	866	1008	1046
P assimilable ppm	53	93	73	89	120	154

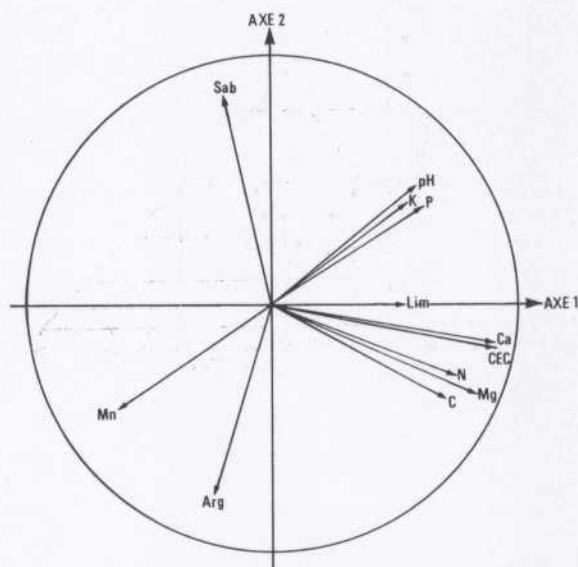


FIGURE 2 - ACP : plan principal et cercle des corrélations (d'après GODEFROY *et al.*, 1991).

fertilité chimique, augmentent des classes 1 à 6 et inversement pour les parcelles à coordonnées négatives (tableau 3). On notera, toutefois, que le pourcentage de bananiers de coordonnées positives est un peu plus élevé pour la classe 4 que pour la classe 5.

En résumé, la fertilité chimique joue un rôle important sur le potentiel de production des bananiers mais d'autres facteurs peuvent intervenir, en particulier la technicité de

l'agriculteur ou le parasitisme, comme cela sera montré dans des articles à suivre. On observe, en effet, 28 p. 100 de bananiers à faible développement végétatif (classes 1 et 2) sur des terres fertiles et 33 p. 100 de bananiers de classes de circonférences 5 et 6 sur des sols moyennement ou faiblement pourvus en éléments minéraux nutritifs.

Approche d'une caractérisation de la fertilité des sols de la région de Kibungu au Rwanda.

Les diverses données acquises au cours de l'enquête, nous ont permis d'établir des classes d'interprétation de la fertilité chimique pour les sols des bananeraies de la région étudiée et pour les cultivars du groupe AAA, les plus représentés dans les plantations. Deux approches, détaillées dans le rapport d'enquête (ISAR/IRFA, 1989), ont été utilisées pour définir les limites des classes (tableau 4). D'une part, l'étude des relations entre la fertilité chimique et le potentiel de production des bananiers, d'autre part celle entre les analyses de terre et de feuilles.

Les relations entre la fertilité et le potentiel de production sont étudiées pour chaque élément séparément (cf. ci-dessus) mais, aussi, dans une approche multidimensionnelle qui permet de tenir compte des interactions entre les divers facteurs agissant sur la production (analyse factorielle des correspondances ; segmentation). Le dernier article présentera ces résultats.

Concernant les relations entre les analyses de terre et le diagnostic foliaire, nous avons considéré que les teneurs du sol étaient suffisantes quand celles dans la plante étaient optimales (cf. article de J. MARCHAL à suivre).

TABLEAU 3 - Pourcentages de parcelles de coordonnées positives et négatives sur l'axe 1.

Classes de circonférences des stipes des bananiers	Coordonnées	
	positives	négatives
1 \leq 39 cm (\varnothing = 12,4 cm)	21	79
2	33	67
3	52	48
4	64	36
5	59	41
6 $>$ 59 cm (\varnothing = 18,8 cm)	77	23

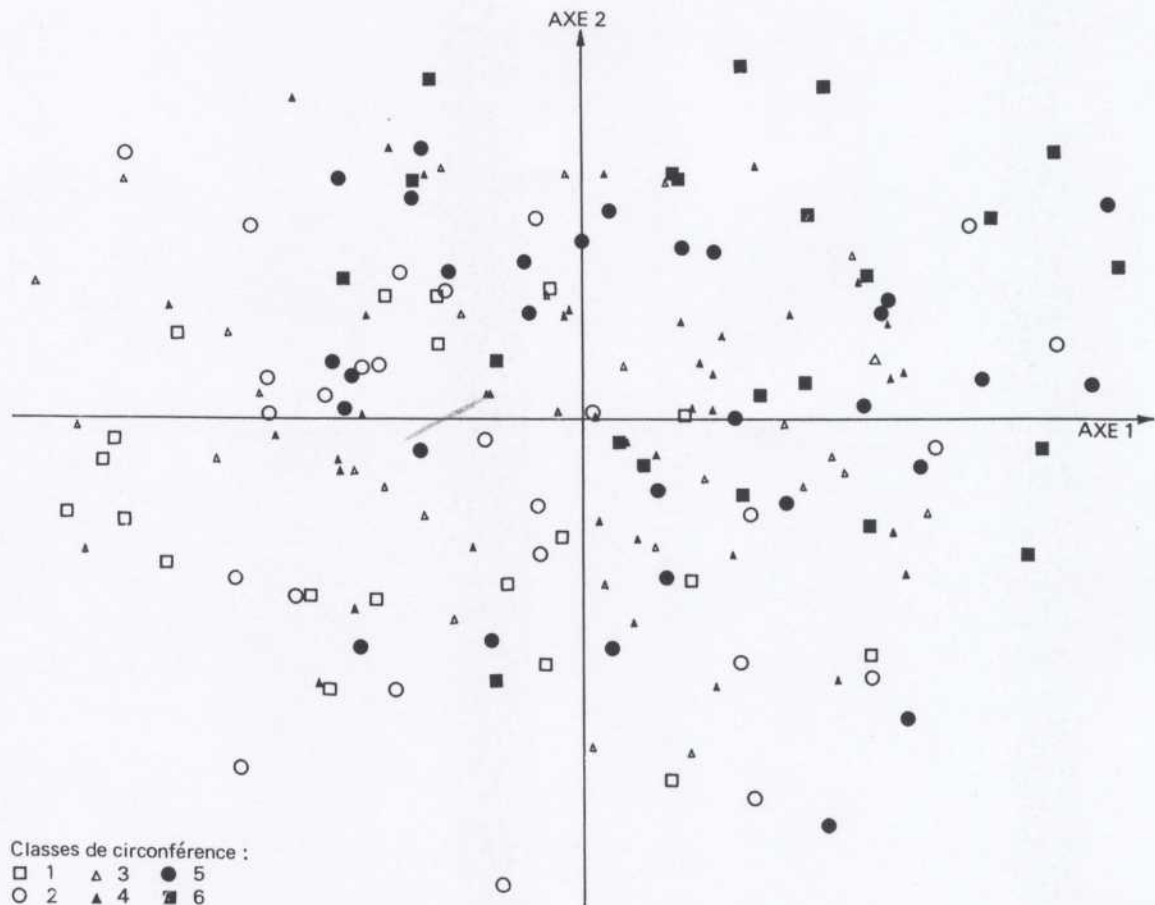


FIGURE 3 - Projection des 170 parcelles identifiées par la classe de circonférence des stipes sur le plan 1-2 de l'ACP.

TABLEAU 4 - Classes de fertilité.

	Faible	Suffisant	Elevé
Ca échangeable mé/100 g	< 6,0	6,0	10,0 >
Mg échangeable mé/100 g	< 2,5	2,5	5,0 >
K échangeable mé/100 g	< 1,5	1,5	2,5 >
K/Ca + Mg p. 100	< 10	10	20 >
P OLSEN-DABIN ppm	< 75	75	100 >
P total ppm	< 1000	1000	1200 >
pH	< 6,0	6,0	7,0 >

Les valeurs limites entre «faible» et «suffisant» sont les teneurs minimales critiques ; il est souhaitable que les teneurs en divers éléments nutritifs soient, au minimum égales à ces seuils critiques.

Selon ces classes, les sols des bananeraies étudiés sont en grande majorité bien pourvus en calcium et en magnésium puisque, seulement, 10 et 9 p. 100 des parcelles observées ont des teneurs inférieures ou égales aux seuils critiques : 6,0 et 2,5 mé/100 g. Les valeurs des pH sont satisfaisantes dans 77 p. 100 des bananeraies (> 6,0). En revanche, 63 p. 100 des bananeraies ont des teneurs insuffisantes en potassium (< 1,5 mé/100 g de K échangeable extrait au chlorure de cobaltihexamine). Cet élément

constitue la contrainte chimique majeure des bananeraies, suivi du phosphore lequel est déficient dans 57 p. 100 des cas (P assimilable < 75 ppm). Dans l'analyse des données par la méthode de la segmentation le premier facteur discriminant expliquant la circonférence des stipes est la teneur en potassium du limbe. Si l'on ne prend pas en compte les analyses foliaires, la teneur en potassium du sol devient le premier facteur de dichotomie de la population. La teneur en phosphore intervient au 3e niveau, après l'état sanitaire des racines de bananiers dans les parcelles à faible développement végétatif et après l'absence d'enherbement dans les bonnes bananeraies. Pour avoir une bonne croissance végétative, il faut des sols bien pourvus en potassium et en phosphore, des parcelles sans végétation adventice, des bananiers avec des racines saines.

TABLEAU 5 - Circonférences des stipes des bananiers du groupe AAA, mesurées à 150 cm de hauteur (en cm).

Groupe de sol	FERRISOL (n = 115)			FERRALSOL (n = 34)		
	\bar{x}	σ	$t\sigma_m$	\bar{x}	σ	$t\sigma_m$
	50,3	8,4	1,5	46,6	3,7	1,3

\bar{x} : moyenne

σ : écart-type

t : intervalle de confiance de la moyenne

TABLEAU 6 - Circonférences des stipes des bananiers du groupe AAA, mesurées à 150 cm de hauteur (en cm).

ROCHE-MERE	SCHISTE (n = 73)			SCHISTE+ autres roches (n = 70)			GRANITE (n = 6)		
	\bar{x}	σ	$t\sigma_m$	\bar{x}	σ	$t\sigma_m$	\bar{x}	σ	$t\sigma_m$
	48,9	8,6	2,0	49,9	8,3	2,1	49,6	11,4	12,0

Les ferrisols étant chimiquement un peu plus riches que les ferralsols (GODEFROY *et al.*, 1991), le développement des bananiers est, en moyenne, supérieur de 8 p. 100 dans les premiers cités (tableau 5). Compte tenu des intervalles de confiance des moyennes, cette différence n'est pas significative. Il en est de même, si l'on compare les bananeraies développées sur roche-mère schisteuse ou granitique (tableau 6).

CONCLUSION ET APPLICATION A LA GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

Le potentiel de production bananiers a été apprécié par le développement végétatif des bananiers au stade floraison et quantifié par la circonférence des stipes. Les résultats de l'enquête-diagnostic montrent qu'il y a une relation étroite entre ce potentiel et la fertilité chimique des terres. Dans le cas des bananeraies de la région de Kibungu au Rwanda où les sols sont bien pourvus en calcium et en magnésium, avec des pH faiblement acides à neutres, les 2 principales contraintes chimiques limitant la production sont les teneurs en potassium puis en phosphore. Un accroissement de la productivité des terres nécessite donc de les enrichir en ces deux éléments fertilisants. Techniquement le problème à résoudre est simple, puisqu'il suffirait d'appliquer un engrais minéral phospho-potassique dont il existe plusieurs types. Le Rwanda ne souhaitant pas dépenser des devises pour l'importation d'engrais, d'autres solutions doivent être envisagées. Parmi celles-ci, l'apport de fumure organique est, déjà, une pratique courante dans ce pays mais les quantités dont disposent les agriculteurs ne sont pas, toujours, suffisantes pour fumer toutes les bananeraies.

En ce qui concerne le potassium, l'apport de cendres de parches de café, riches en potassium (40 p. 100 de K_2O), serait possible, puisque le Rwanda est un pays producteur de café. L'utilisation des parches «brutes» n'est pas envisageable, compte tenu du fait que les zones de production caféière sont éloignées de la région de Kibungu et qu'il faut transporter 70 kg de parches fraîches pour apporter 1 kg de K_2O . Les sols étant riches en potassium de réserve (GODEFROY *et al.*, 1991), il serait aussi possible d'utiliser les propriétés de certaines espèces végétales, de prélever le potassium du sol qui est sous une forme non échangeable et de se servir de ces plantes comme paillis ou engrais vert.

A Madagascar, la culture d'une graminée fourragère, le Guatemala grass (*Tripsacum laxum*), enfouie comme engrais vert a, ainsi, permis d'augmenter la teneur en potassium échangeable du sol de 0,15 à 1,0 mé/100 g, dans l'horizon supérieur : 0 à 20 cm (GODEFROY, 1967). Le *Leucaena*, légumineuse arbustive, cultivée en «alley cropping system», mériterait aussi d'être testé, à titre expérimental (HAUSER, 1991).

Concernant la fertilisation phosphorique, l'intérêt de la fumure organique a, déjà, été mentionné, particulièrement les apports de fumier d'origine animale (GROS, 1969). Une autre source de phosphore est les carcasses d'animaux. Les poudres d'os broyés contiennent de l'ordre de 15 p. 100 de P_2O_5 et celles d'os déglutinés de 25 à 30 p. 100.

Cette enquête-diagnostic a, également, permis de définir les seuils critiques des différents éléments minéraux fertilisants du sol, pour la culture du bananier dans la région considérée. Ces seuils peuvent servir de base aux agronomes pour l'interprétation des analyses de terre et conseiller les agriculteurs pour la gestion de la fertilité des sols à court, moyen et long terme. Dans l'ensemble, les agriculteurs rwandais de la région étudiée gèrent correctement leurs terres. En particulier, ils les protègent de l'érosion par le paillage du sol et, malgré l'ancienneté de la culture bananière, ils ont su éviter l'acidification des sols avec comme conséquence l'augmentation des teneurs en aluminium et en manganèse toxiques pour les cultures. Il est souhaitable que l'intensification de la production qui est un des objectifs actuels, ne se fasse pas au détriment d'une bonne conservation de la fertilité, comme on l'observe dans de nombreux pays tropicaux.

BIBLIOGRAPHIE

- GARRY (J.). 1980.**
Le développement du bananier en relation avec les facteurs du milieu.
Fruits, 35 (12), 727-743.
- GODEFROY (J.). 1967.**
Etude des sols de bananeraies de la station de recherches IFAC d'Ivoina (Tamatave).
Doc. IRFA, nov., 36 p.
- GODEFROY (J.), RUTUNGA (V.) et SEBAHUTU (A.). 1991.**
Les terres des bananeraies dans la région de Kibungo au Rwanda : résultantes du milieu physique et des systèmes de culture.
Fruits, 42 (2), 109-124.
- GROS (A.). 1969.**
Engrais, guide pratique de la fertilisation.
Ed. La Maison Rustique, Paris, 430 p.
- HAUSER (S.). 1991.**
Nutrient dynamics : maize yield and maintenance of soil organic matter in alley cropping.
Poster presented at the Symposium on Dynamics of Organic Matter in Relation to the Sustainability of Agricultural Systems, Leuven, Belgium, nov. 1991.
- ISAR/IRFA. 1989.**
Enquête-diagnostic sur la culture bananière.
Préfecture de Kibungo au Rwanda, mars, tome 1, 154 p ; tome 2, tableaux et figures 143 ; tome 3 : annexes 161 p.
- LASSOUDIERE (A.). 1978.**
Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier Poyo en Côte d'Ivoire.
1.- Matériel végétal et méthodes d'étude.
Fruits, 33 (5), 293-313.
2.- Le système radical.
Fruits, 33 (5), 314-338.
3.- Le faux-tronc et le système foliaire.
Fruits, 33 (6), 373-412.
4. L'inflorescence.
Fruits, 33 (7-8), 457-491.
5 - Conclusions générales et applications aux techniques culturales.
Fruits, 33 (7-8), 492-503.
- LOSSOIS (P.). 1963.**
Recherche d'une méthode de prévision des récoltes en culture bananière.
Fruits, 18 (6), 283-293.
- MARTIN-PREVEL (P.) et MONTAGUT (G.). 1966.**
Essais sol-plante. Dynamique de l'azote dans la croissance et le développement du végétal.
Fruits, 21 (6), 283-294.

Reçu : octobre 1991
Accepté : décembre 1991

RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS DE LA REGION DE KIBUNGO EN RUANDA Y EL POTENCIAL DE PRODUCCION DE LOS BANANARES. APLICACION AL MANEJO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

J. GODEFROY, X. PERRIER, V. RUTUNGA y A. SEBAHUTU.

Fruits, Nov.-Dec. 1991, vol. 46, n° 6, p. 625-631.

RESUMEN - La textura tiene poca influencia sobre el potencial de producción, contrariamente, las características químicas presentan una mayor acción. Los factores limitantes son los contenidos de potasio y fósforo de los suelos. Las tierras están generalmente bien provistas de calcio y magnesio con pH ligeramente ácidos o neutros, esas tres características interfieren poco sobre la productividad. Los niveles críticos de los contenidos en elementos minerales del suelo son propuestos.

