

# Étude préliminaire des sols de la région bananière de Santa Marta (Colombie)

## Sols d'alluvions issus des migmatites et des granits de la Sierra-Nevada, Magdalena

par F. COLMET-DAAGE et J. et M. GAUTHEYROU (\*)

*Bureau des Sols. — O.R.S.T.O.M. — Antilles.*

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DES SOLS  
DE LA RÉGION BANANIÈRE DE SANTA MARTA  
(COLOMBIE)

par F. COLMET-DAAGE et J. et M. GAUTHEYROU.

*Fruits*, vol. 23, n° 1, janv. 1968, p. 21 à 30.

RÉSUMÉ. — La zone bananière de Santa Marta (Colombie) est bien localisée et concentrée, au sud de ce port. Après un rappel des conditions naturelles (saison sèche, forte insolation) on examine les caractéristiques de ces sols alluvionnaires, de granulométrie assez variée, mais dans l'ensemble favorable à une bonne rétention en eau utile. L'argile est du type micacé avec un peu de gibbsite. Les sols sont bien pourvus en calcium et magnésium. On trouve parfois de fortes teneurs en sodium dont l'origine devra être précisée. Bonne richesse en phosphore. Par contre, les teneurs en potassium échangeable sont généralement faibles, et la fumure potassique pose quelques problèmes. Les  $pH$  sont variés et il est possible de distinguer trois zones : acide, proche de la neutralité et basique.

### I. MORPHOLOGIE D'ENSEMBLE — SITUATION

La région étudiée est une longue plaine d'environ 40 km de longueur sur 5 à 10 km de large, enserrée entre les régions basses marécageuses bordant la vaste lagune salée de Cienaga, séparée de la mer par un étroit cordon littoral sableux, et l'imposant massif de la Sierra Nevada qui s'élève très brutalement au-dessus de la plaine, laissant voir ses sommets neigeux qui culminent vers 5 800 mètres à moins de 40 km.

Plus au nord, les contreforts de la Sierra Nevada atteignent la mer.

Les rivières qui descendent des hauteurs traversent

la zone étudiée, puis se ramifient et souvent disparaissent dans les marécages avant d'atteindre la lagune salée.

L'altitude de la zone étudiée serait dans sa majeure partie inférieure à 20 m. En se rapprochant au sud de Fundación, l'altitude s'élèverait insensiblement jusqu'à 40 m.

Le micro-relief est inexistant. Toute la zone semble rigoureusement plate hormis quelques vestiges de terrasses caillouteuses en bordure immédiate de la Sierra principalement dans le secteur sud.

(\*) Avec le concours de M. DELAUNE, laboratoire de Géologie de l'O. R. S. T. O. M. pour l'examen des sables et de G. FUSIL et M. KOUKOURI, laboratoire de M. PINTA, pour l'examen des argiles.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° /2314 ex1

2 SEPT 1968

## II. CLIMAT

La pluviométrie annuelle dans le secteur central est voisine de 1300 mm. Elle est plus faible dans le secteur nord de Rio-Frio-Cienaga (950 mm) et un peu plus élevée dans le secteur sud vers Aracataca-Fundacion, (1500 mm).

Entre Cienaga et Santa-Marta sur les premiers contreforts érodés de la Sierra Nevada, face à la mer, la végétation a un aspect xérophytique prononcé avec une dominance de grands cactus. Par contre, sur le versant de la Sierra bordant la plaine, la végétation est plus fournie, petite forêt assez dense en dépit du relief très accidenté et des sols souvent courts et érodés. Dans la partie plus élevée de la Sierra en arrière de Santa-Marta, les précipitations et l'ennuagement sont importants permettant la culture du café et le maintien d'une végétation forestière tropicale humide jusqu'à plus de 2 000 m d'altitude sur des sols ferrallitiques profonds, quoique constamment érodés.

Il ne pleut pratiquement pas de décembre à avril et l'irrigation est indispensable pour la culture de la banane.

Deux périodes pluvieuses se dessinent nettement, mai et septembre-octobre-novembre séparées par une époque un peu plus sèche, juillet, durant laquelle l'irrigation est souvent aussi nécessaire.

Les précipitations importantes des versants de la Sierra alimentent de nombreux cours d'eau qui permettent l'irrigation de toutes ces régions à déficit en eau annuel et saisonnier important.

La température varie très peu au cours de l'année et demeure élevée. La moyenne mensuelle reste comprise entre 26,5° et 30° (moyenne 28° par an).

L'insolation d'après des données recueillies par J. MONNET, serait de 2 500 h par an, valeur très voisine de celle de bien des régions bananières des Antilles et très supérieure à celles des diverses régions d'Équateur (900 à 1 000 h au Campbel). Dès 9 h le matin les limbes des bananiers se replient à la verticale, réduisant fortement ainsi l'ombrage porté sur le sol avec une intensité rarement observée aux Antilles et presque inconnue dans la plupart des régions d'Équateur.

## III. GÉOLOGIE

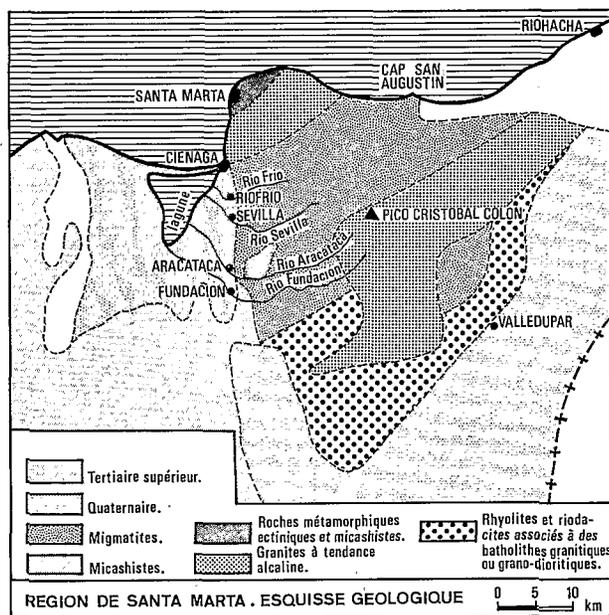


FIG. 1.

La carte géologique de la Colombie au 1/1 500 000 porte les indications suivantes concernant le massif de la Sierra Nevada et des plaines environnantes (fig. 1).

Une vaste partie de ce massif, et en particulier celle que traversent les différentes rivières de la région alluviale bananière, serait constituée par des *migmatites* provenant de l'intrusion du magma granitique dans des roches encaissantes fissurées probablement schisteuses.

Au nord de Cienaga vers Santa-Marta et dans la région des plus hauts sommets où certaines rivières de la région étudiée prennent naissance, il s'agirait de granites à tendance alcaline.

Quelques taches de micashistes seraient observées dans les migmatites et contribuent à l'abondance des éléments micacés rencontrés dans les alluvions.

Le sud du massif comprendrait des Rhyolites et des Rhyodacites associées à des batholites granitiques ou granodioritiques.

Le tertiaire supérieur qui occupe de très vastes surfaces de la Colombie est visible avec ses matériaux

grossiers dans le sud du périmètre mais surtout hors des régions irriguées.

Le quaternaire avec les alluvions fines récentes et d'immenses étendues marécageuses a comblé la vaste région comprise entre la Sierra Nevada, le Rio-Magdalena, la mer au nord et le tertiaire supérieur au sud.

#### IV. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS

##### I. GRANULOMÉTRIE.

Il s'agit de sols encore relativement jeunes et peu évolués riches en limons et sables très fins, fraction 0,002 à 0,050 mm.

Comme dans la plupart des sols d'alluvions on constate la diminution bien classique des teneurs en argiles et limons de la surface vers la profondeur et un accroissement simultané des teneurs en sables fins et parfois grossiers.

La perméabilité plus importante des niveaux profonds, plus sableux, est un facteur très favorable au drainage interne de l'ensemble du profil et évite les accumulations d'eau nuisibles aux racines en profondeur après de fortes pluies ou des irrigations trop abondantes.

Dans une région aussi plate et basse cependant, les rivières ont divagué et changé fréquemment de cours, surtout leurs ramifications. L'alluvionnement n'est pas homogène et des discontinuités sont souvent observées.

Cette variation régulière de la granulométrie dans le profil ne s'observe guère que dans le premier mètre d'épaisseur. Des niveaux de sables grossiers, surtout au voisinage des rivières peuvent être rencontrés à plus faible profondeur parfois dès 40 cm.

Fréquemment un niveau plus riche en éléments très fins, limons et argiles apparaît en profondeur. Ce niveau moins perméable peut subir un certain engorgement par l'eau et prend alors une coloration grisâtre d'ensemble ou en taches indiquant un milieu réducteur pendant d'assez longues périodes, peu propice à un enracinement profond du bananier.

On trouvera ci-dessous quelques exemples des principaux profils qui illustrent ces variations de la granulométrie.

##### I-1. Sols d'alluvions limoneux en surface.

C 53 — Sévilla. Plantation de La Paulina.

0-60 cm : le sol est limoneux de coloration foncée —

L'examen des sables de deux échantillons prélevés l'un près d'Orihueca, l'autre près de Sévilla, montre dans les minéraux lourds une dominance de hornblende verte et d'épidote.

Parmi les minéraux légers on remarque le quartz, la muscovite, le zircon, le rutile et le grenat.

2,5 y 4/1 avec de très nombreux petits pores et quelques micas.

60-130 : limon avec sables fins plus abondants de coloration beige-jaune et quelques taches rouilles.

L'aspect du profil fait penser à un sol souvent engorgé.

C 53	0-2 $\mu$	2-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-200 $\mu$	200-2 000 $\mu$	M. O. %
0-20 cm	33	42	13	4	0,5	3,1
40-60	32	44	14	4	1	1,5
80-120	18	25	32	20	0,1	0,7

On constate une diminution des fractions argile et limon après 60 cm et une augmentation des sables fins.

Il n'est pas toujours aisé d'apprécier sur le terrain la teneur en argile des sols. C'est plutôt d'une part l'ensemble de la fraction argile + limon (0-20  $\mu$ ) et d'autre part, l'importance du sable fin en l'absence de sables grossiers qui donnent aux sols leur apparence limoneuse ou sableuse.

D'autres profils paraissent ainsi plus argileux en surface que le précédent. Ils renferment pourtant moins d'argile mais davantage de limon + argile.

*En résumé*, les sols d'apparence limoneuse renferment dans l'ensemble très peu de sable supérieur à 0,050 mm. Il serait intéressant d'effectuer des tests de perméabilité.

##### I-2. Sols d'alluvions limono-sableux en surface.

L'ensemble argile + limon est nettement moins important avec un accroissement du sable fin 50-200  $\mu$  en profondeur.

Le profil 54 — Sévilla — (Finca Monteria) comprend les niveaux suivants :

0-2 cm : litière humifère — terreau et feutrage de racines.

2-40 cm : limono-sableux de coloration grise foncée — 10 YR 4/1 — porosité importante — micas abondants.

40-120 cm : sablo-limoneux avec sable fin — très nombreux micas dorés ne dépassant guère 1/2 mm. coloration d'ensemble beige-jaune.

C 54	0-2 $\mu$	2-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-200 $\mu$	200-2 000 $\mu$	M. O. %
0-30	20	24	26	21	2,6	2,5
50-80 cm	10	18	29,6	37	2,3	0,9

On constate des teneurs en argile + limon nettement plus faibles que dans les sols d'apparence limoneuse et une diminution des fractions argile et limon en profondeur avec un accroissement des fractions sableuses.

D'autres profils, d'apparence très semblable sur le terrain, renferment davantage de limon cependant avec peu de variation dans les 60 premiers centimètres mais parfois des discontinuités sensibles entre 50 et 80 cm.

En résumé les sols d'apparence limono-sableux sont donc caractérisés, soit par une fraction sable fin : 50-200  $\mu$  nettement plus importante que dans les sols limoneux (20 à 40 %) soit par une fraction argile voisine de 10 % mais une fraction fine 2 à 50  $\mu$  importante de l'ordre de 60 %.

### 1-3. Niveaux limono-argileux enfouis.

Les niveaux limono-argileux enfouis en profondeur souvent vers 80 ou 100 cm ont une structure continue, une sous-structure bien angulaire, avec des indices d'hydromorphie souvent marqués et une coloration grise d'ensemble. Leur composition granulométrique est la suivante :

	0-2 $\mu$	2-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-200 $\mu$	200-2 000 $\mu$	M. O. %
C 51 c	29	33	22	10	2	0,6
C 59 b	29	36	19	10	1	1,7

Il ne s'agit donc pas de sols bien argileux. La perméabilité de ces niveaux constitués de très fines particules devrait être déterminée dans le but d'éviter que des irrigations, en doses trop importantes, puissent provoquer des engorgements en eau du sol, nuisibles aux racines de la plante. Un fractionnement de celle-ci sera peut-être à recommander.

Les résultats analytiques montrent que l'alluvionnement de type classique, avec diminution régulière des fractions les plus fines en profondeur, concerne rarement plus des 80 premiers cm de sol. Des discontinuités apparaissent souvent vers cette profondeur, ou même plus en surface.

La finesse des particules sableuses et la proportion importante de limons fins et grossiers, caractérisent donc ces alluvions en dépit de certains niveaux de sables moyens et grossiers fréquemment rencontrés en bordure des rivières ou de leurs anciens lits. Il semble que ces taches de sable plus grossiers ne puissent faire l'objet d'une cartographie qu'à très grande échelle, pièce par pièce.

### 2. CARACTÈRES HYDRIQUES : CAPACITÉ EN EAU, POROSITÉ.

Un certain nombre de déterminations de densités apparentes, de densités réelles, et d'humidités pour différentes valeurs de  $pF$ , ont pu être exécutées. On doit faire remarquer que les variations souvent importantes de la granulométrie dans le profil, sur 1 m à 1,5 m d'épaisseur, rendent quelque peu illusoire, dans bien des cas, le calcul de doses d'eau à partir de déterminations précises des caractéristiques hydriques des profils. Il semble donc suffisant de connaître les valeurs moyennes approximatives qui correspondent aux horizons ayant les textures les plus fréquemment identifiées sur le terrain même.

La porosité totale varie peu. Elle demeure le plus souvent comprise entre 45 et 55 %.

La porosité pour l'eau (micro-porosité) varie de façon très importante.

Pour les sols paraissant sur le terrain limoneux à limono-argileux et ne renfermant que du sable très très fin et pas de sables moyens aisément identifiables entre les doigts, la microporosité pour l'eau est importante, de l'ordre de 35 à 45 % du volume du sol total. Elle représente 80 à 90 % de la porosité totale. La porosité pour l'air est donc souvent très faible ce qui signifie qu'avec des irrigations trop fréquentes, des conditions asphyxiantes, peu propices au développement des racines du bananier peuvent apparaître.

La majeure partie de cette eau retenue dans le sol est utilisable par la plante comme le montre le calcul du volume d'eau « utile » par la formule : « Eau utile » = densité apparente × (humidité à  $pF$  2,5 — humidité à  $pF$  4,2). Le  $pF$  2,5 ne correspond cependant qu'approximativement à l'humidité du sol ressuyé. Des déterminations d'humidité du sol en place permettront de préciser le choix de la valeur la plus exacte. Pour le moment, cette valeur a été choisie.

Cette eau utilisable représente environ les 2/3 de l'eau totale retenue par le sol ressuyé et correspond à 25 à 30 % du volume total du sol. Ce sont des pourcentages très importants pour des sols aussi légers. La très fine porosité capillaire en est responsable.

POROSITÉ EN P. CENT DE SOL			
totale	pour l'eau	pour l'air	eau utile
58	49	9	42
56	46	10	30
48	44	4	30
50	37	13	25
49	39	10	28
55	42	13	26
48	32	16	25
47	34	13	22
	35 à 45		25 à 30

Pour les sols *limono-sableux*, mais ne renfermant encore que des sables très fins et peu de sables moyens ou grossiers, la porosité totale demeure semblable, voisine de 50 %, mais la porosité pour l'eau est plus faible : 25 à 35 % du sol. Du fait de la taille plus importante des particules élémentaires, les très petits pores sont moins abondants, l'eau est moins fortement retenue par capillarité et le sol ressuyé est mieux aéré. La porosité pour l'air est encore inférieure à la porosité pour l'eau, mais nettement plus importante que dans les sols limoneux.

La rétention pour l'eau utile est encore convenable : 15 à 25 % en volume. Il semble que ces sols sont plus favorables que les précédents à la culture du bananier.

La rétention plus faible en eau utile du sol, est compensée par une meilleure aération du sol ressuyé permettant un développement plus important du sys-

tème racinaire. Les irrigations pourront être plus fréquentes sans grands risques d'asphyxie du sol.

POROSITÉ EN POUR CENT DE SOL			
totale	pour l'eau	pour l'air	eau utile
51	28	23	21
51	31	20	21
54	29	25	19
50	29	21	15
51	28	23	19
49	25	24	19
50	28	22	17
48	29	19	19
49	32	17	21
47	26	21	17
	25 à 30		18 à 22

Dans les sols *sableux*, mais surtout riches en sable fin et avec peu de sable moyen ou grossier, la porosité pour l'eau dans le sol ressuyé est nettement inférieure à la porosité pour l'air. Il s'agit donc de sols bien aérés, dans lesquels aucun engorgement n'est à craindre quand les niveaux inférieurs sont également perméables. Ces sols retiennent encore 10 à 15 % de leur volume en eau utilisable par la plante, valeurs très appréciables pour des sols aussi légers.

POROSITÉ EN POUR CENT DE SOL			
totale	pour l'eau	pour l'air	eau utile
51	22	29	14
58	20	38	15
49	19	30	14
48	20	28	13
51	17	34	13
55	15	40	11
	15 à 20		12 à 15

Quelques horizons contiennent surtout des *sables moyens et grossiers*. La porosité totale est importante mais la rétention pour l'eau du sol ressuyé est très faible, parfois insignifiante.

POROSITÉ EN POUR CENT DE SOL			
total	pour l'eau	pour l'air	eau utile
55	9	46	6
55	9	46	3
46	11	35	7

### 3. DISCUSSION.

On peut donc en résumé choisir pour valeurs approximatives de la rétention pour l'eau totale et utilisable du sol ressuyé, les valeurs suivantes :

	RÉTENTION POUR L'EAU MICROPOROSITÉ EN VOLUME %	EAU UTILISABLE EN VOLUME % DE SOL	EAU UTILISABLE EN CM SUR 10 CM D'ÉPAISSEUR DE SOL EN PLACE
Sols limoneux	35 à 45	25 à 30	2,5 à 3 cm
Sols limono-sableux fins	25 à 30	18 à 22	1,8 à 2,2 cm
Sols sableux sable fin ..	15 à 20	12 à 15	1,2 à 1,5 cm
Sols sableux sable fin et moyen . . . .	9 à 10	3 à 6	0,3 à 0,6 cm

Le calcul de la rétention en eau utilisable d'un sol, peut donc, en première approximation, se déduire de la table précédente, en tenant compte de l'épaisseur

des différents niveaux, correspondants aux variations de la texture. L'épaisseur totale de sol est choisie d'après le volume exploré par les racines du bananier. Un coefficient d'utilisation peut être affecté à ces valeurs.

Une étude en cours permettra de connaître, avec plus de précisions les valeurs du  $pF$  qui correspondent à l'humidité du sol ressuyé en place.

Trop peu d'analyses granulométriques ont été exécutées pour qu'il soit possible d'apprécier le rôle de la matière organique.

La rétention pour l'eau utilisable des sols est dans l'ensemble satisfaisante et souvent même très importante. La porosité pour l'air est par contre souvent insuffisante et un mauvais développement des racines, dû à l'asphyxie, risque de se produire.

Faute d'irrigations par aspersion, qui permettraient un apport calculé plus rationnel de l'eau nécessaire, que par submersion un drainage efficace, surtout dans les sols limoneux ou dans les parties basses concaves, permettra d'éliminer l'excès d'eau nuisible inévitable. La présence fréquente de taches grises ou rouilles réduites en profondeur, indique que les volumes d'eau employés sont probablement à certaines époques de l'année, trop importants et provoquent un engorgement du sol en profondeur.

Si les excès d'eau peuvent nuire au développement du bananier, les apports insuffisants ou mal répartis dans l'espace sont probablement la cause principale des rendements médiocres en qualités et quantités, de beaucoup de plantations.

C'est vraisemblablement vers l'amélioration de l'irrigation que les efforts devront en premier lieu se porter, surtout avec l'extension prévue de nouvelles variétés plus délicates et exigeantes.

## V. CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DES ARGILES

Trois échantillons d'argile, inférieurs à  $2 \mu$ , ont été examinés aux rayons X et à l'analyse thermique différentielle (O. R. S. T. O. M.-France).

L'argile est essentiellement du type illite bien cristallisée. On trouve aussi un minéral à  $7 \text{ \AA}$  qui semble être de la kaolinite ou plutôt un fire-clay. La gibbsite est partout bien nette.

Dans les échantillons du secteur Sévilla, de petites quantités de montmorillonite ou de chlorite sont aussi décelées. Ces argiles ne semblent pas se retrouver dans le secteur d'Orihueca.

La goethite existerait peut-être dans certains échantillons, mais sa présence, même en faible quantité, n'est pas certaine.

Avec l'abondance des micas dans les sables de ces profils, la présence d'argile de type micacé n'est pas pour nous surprendre. Ces matériaux auraient été arrachés aux migmatites et micaschistes de la Sierra, qui en renferme sans doute des quantités appréciables. S'agit-il de très petits micas inférieurs à 2 microns ou de l'illite ? Il n'est pas possible de le dire. De très petits micas cèdent certainement moins facilement leur

potassium que des illites ouvertes. La netteté des raies indiquerait surtout ici des illites bien cristallisées et (ou) des petits micas.

La présence de gibbsite dans ces alluvions peut davantage surprendre. Pour l'expliquer, on a analysé un échantillon de sols ferrallitiques prélevé vers 2 000 m d'altitude, en arrière de Santa-Marta, dans une région granitique où règne un climat frais et humide. L'argile renferme essentiellement de la kaolinite bien cristallisée de la goethite et une proportion importante de gibbsite. On trouve également un peu d'illite. La gibbsite, dans les alluvions de la basse plaine, pourrait donc provenir de l'entraînement, par l'érosion, de

particules de sols ferrallitiques des régions humides d'altitude qui en renferment. Comment expliquer la proportion plus importante d'illite dans la basse plaine que dans le profil examiné en altitude. Il faut remarquer que ce dernier était situé dans une région particulièrement humide, avec d'épais horizons ferrallitiques, alors qu'une vaste surface du versant occidental de la montagne, face à la plaine bananière, semble plus sec, avec des sols érodés peu épais et de fréquents affleurements de la roche micacée. La proportion d'illite ou de particules micacées arrachées à ce flanc de montagne est donc vraisemblablement plus importante que dans les sols ferrallitiques situés plus en altitude.

## VI. MATIÈRE ORGANIQUE

Les sols présentent très souvent en surface, une mince couche de terreau de 1 à 2 cm d'épaisseur avec un véritable feutrage de racines. Après enlèvement de ce niveau organique peu décomposé, la teneur en matière organique dans les 20 ou 30 premiers cm est généralement comprise entre 2 et 4 % (Nx 17,2).

La teneur en matière organique peut décroître rapidement dans le niveau 40-60 et se maintenir

ensuite au voisinage de 0,5 à 0,7 %. Elle peut aussi, dans certains profils, rester importante dans ce niveau, de l'ordre de 1,5 % et ne descendre en dessous de 1 % que plus en profondeur vers 1 m.

Il semble que les racines du bananier aient dans l'ensemble, tendance à rester localisées très en surface dans les 5 ou 10 premiers centimètres.

## VII. CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

### I. RÉSULTATS.

On peut faire les remarques générales suivantes :

Les sols sont dans l'ensemble bien pourvus en calcium échangeable (8 à 15 mé p. 100 de sol) et en magnésium (1,5 à 8 mé) en tenant compte des faibles teneurs fréquentes en argile.

Les teneurs en potassium échangeable sont faibles en surface (0,10 à 0,15 mé p. 100 de sol) et parfois insignifiantes en profondeur dès 40 cm (inférieures à 0,1 mé ou moins de 0,05 mé %).

Les teneurs en phosphore Truog (méthode classique :  $SO_4H_2 = N/500$ ) sont satisfaisantes et souvent même très élevées : 10 à 50 mg  $P_2O_5$  p. 100 de sol. Les fumures phosphatées sont donc probablement inutiles et les formules ternaires à faible dose en P, semblent devoir être bien suffisantes dans les années à venir.

La capacité totale d'échange de base est rarement

élevée en valeur absolue (10-20 mé p. 100 de sol) mais souvent importante, si l'on tient compte de la faible proportion d'argile. La présence de types d'argile illitique et kaolinitique et l'absence de montmorillonite seraient une explication.

Il semble que quatre zones principales soient à distinguer :

1°) La première zone correspondrait sensiblement aux régions situées au sud de Sévilla.

Les sols sont relativement acides : pH de 5,5 à 6,5, mais avec un état de saturation en bases supérieur à 50 %. Les teneurs en potassium échangeable sont très faibles et les teneurs en  $P_2O_5$  Truog ne dépassent guère 8 à 10 mg p. 100 de sol.

Quelques exceptions sont à noter comme les profils situés dans les vallées d'alluvions récentes avec des sols jeunes très peu désaturés.

2°) Une deuxième zone comprendrait sensiblement

les plantations de la région de Sévilla et celles situées entre cette ville et Orihueca et Rio Frio, mais à l'est du chemin de fer.

Les sols sont peu acides ou neutres avec des  $pH$  dépassant parfois 7. Les teneurs en potasse échangeable demeurent toujours faibles à très faibles, mais les teneurs en phosphore Truog sont bien plus élevées que dans les sols de la zone précédente, de l'ordre de : 30 à 40 mg de  $P_2O_5$  pour 100 g de sol. Ces chiffres de phosphore sont analogues à ceux des plantations des Antilles qui reçoivent de très importantes fumures phosphatées ou à celles des excellents sols de la province del Oro d'Équateur.

3°) Une troisième zone comprendrait les plantations situées à l'ouest d'Orihueca et Rio Frio et au nord de cette ville vers Cienaga. Les  $pH$  sont en général élevés, atteignant et dépassant même parfois 8. Localement, certains sols renfermeraient une importante proportion de sodium échangeable dont l'origine reste à déterminer.

Les teneurs en potassium échangeable demeurent faibles en surface et très faibles en profondeur et ceci même dans le cas où les teneurs en sodium sont relativement importantes. Des valeurs de 0,05 m é de K % sont ainsi fréquentes avec plus de 1 m é de sodium.

Les teneurs en phosphore Truog sont parfois encore plus élevées que dans la zone précédente, pouvant atteindre jusqu'à 70 à 100 mg  $P_2O_5$  p. 100 de sol.

4°) Au nord, de la ville de Cienaga, on retrouverait des sols un peu acides près des collines, mais certaines zones ont des  $pH$  élevés, supérieurs à 7 ou à 8. Les teneurs en potassium échangeable sont encore faibles et les valeurs du  $P_2O_5$  Truog moins importantes que dans les régions situées plus au sud.

## 2. DISCUSSION.

Certains critères paraissent constants : nature de l'argile, faibles teneurs en potassium échangeable, teneurs élevées en phosphore Truog, matières organiques.

Les différences essentielles concernent le  $pH$  en liaison avec le sodium échangeable et les sels solubles.

### 2-1. $pH$ et salinité.

Des  $pH$  élevés, supérieurs à 7, sont souvent associés à de faibles teneurs en Na mais, dans bien des plantations situées non loin des régions marécageuses, les  $pH$  élevés sont associés à des teneurs parfois rela-

tivement importantes en sodium, dont la majeure partie semble fixée sous forme échangeable. La conductivité de l'extrait de saturation dépasserait très rarement 2 ou 3 millimhos/cm.

Dans la finca Eusebia, les teneurs en sodium échangeable (+ soluble) atteignent 3 m é p. 100 de sol. La végétation est très médiocre et les feuilles de bananiers présentent les déformations en « Lengua de Vaca ». Fréquemment, dans cette région, les bords des limbes foliaires présentent des brunissures. Des valeurs importantes ont aussi été trouvées dans d'autres plantations.

Dans certaines plantations les teneurs en sodium ne sont pas inquiétantes, mais constituent un indice et il n'est pas impossible que des valeurs plus élevées soient rencontrées dans d'autres pièces de ces plantations. Des teneurs de 1 à 1,5 m é p. 100 de Na échangeable sont souvent observées aux Antilles, dans les pièces aux sols légers, exposées aux embruns de la mer, sans qu'aucun dommage sensible n'apparaisse, comme c'est également le cas dans ces plantations.

Quelle est l'origine de ce sodium, cause de  $pH$  aussi élevés ?

S'agit-il de remontées de nappes salées profondes à l'issue des irrigations ? Le drainage serait en ce cas à surveiller.

S'agit-il d'irrigation par pompage dans la rivière à une période d'étiage où les eaux saumâtres de la lagune remontent dans la partie inférieure des rivières ? Cette deuxième hypothèse semble plus vraisemblable. Il semble d'ailleurs que cette période de salinisation des sols soit relativement courte puisque peu d'effets toxiques sont signalés dans les bananeraies et que la présence de sel est rarement décelée dans les sols. Cela serait, cependant, suffisant pour qu'après lessivage du sel, du sodium reste fixé sous forme échangeable et provoque une élévation importante du  $pH$  de ces sols légers, à faibles teneurs en argile.

Les irrigations par des eaux saumâtres, si les études ultérieures montrent le bien-fondé de cette hypothèse, pourraient être évitées par le contrôle très simple et peu coûteux de la salinité des eaux de pompage avec un conductimètre.

Les symptômes de « Lengua de Vaca » observés, et le mal de Panama semblent davantage progresser dans ces régions et ce serait dans ces plantations que ce dernier se serait d'abord manifesté. On doit, cependant remarquer que : sols sodiques ou salés et sols à mauvais drainage externe, et à plan d'eau élevé, vont parfois de pair et qu'il serait utile de savoir en ce cas lequel de ces facteurs est en fait le plus néfaste à la plante.

Les prélèvements d'eau d'irrigation systématiques,

actuellement en cours dans les régions menacées, renseigneront sur l'origine véritable des sels sodiques et permettront d'étudier les moyens d'éviter une accentuation de l'alcalinisation des sols par des irrigations plus rationnellement conduites.

#### 2-2. *Phosphore.*

Les teneurs en phosphore Truog sont dans l'ensemble satisfaisantes ou très élevées, surtout au nord du Rio Sevilla. Peu de déficiences sont, dans ces conditions, à craindre avec le bananier, et une petite fumure d'entretien est suffisante si l'on emploie les engrais ternaires composés.

#### 2-3. *Magnésium.*

Le magnésium échangeable paraît suffisamment abondant pour qu'aucune déficience ne soit à craindre.

#### 2-4. *Potassium.*

Le problème du potassium est plus délicat. Les teneurs sont faibles en surface, voisines de 0,15 m. é. pour 100 g de sol et très faibles plus en profondeur dès 40 cm, inférieures à 0,1 ou 0,05 m é %. Aucun sol de bananeraies aux Antilles et en Équateur, à l'exception de quelques niveaux de sables presque purs, ne présente d'aussi faibles valeurs et une forte fumure serait dans ces régions aussitôt recommandée pour élever des niveaux aussi normalement bas.

Les sols des Antilles et la plupart de ceux d'Équateur situés au nord de Guayaquil ne renferment, cependant, que des argiles de type kaolinite, halloysite, montmorillonite, ou substances amorphes allophaniques qui ne présentent pas les caractères des argiles illitiques quand à la fixation du potassium. On sait, en effet, que les argiles de ce type renferment une importante quantité de potassium qui est un élément constitutif du réseau même. Du potassium pourrait ainsi, dans ces argiles, passer de formes aisément échangeables à des formes très difficilement échangeables. Ce passage serait plus ou moins réversible. De faibles teneurs en potassium échangeable, qui

indiqueraient des déficiences certaines ou fatales à bref délai dans les sols antillais, n'ont donc pas ici la même signification et beaucoup plus de prudence est nécessaire pour conseiller un relèvement du niveau en potasse de ces sols à argiles illitiques, riches en petits micas.

Il est cependant permis de penser qu'une déficience en potassium est très probable et risque d'être plus sensible avec les nouvelles variétés plus exigeantes.

Divers auteurs ont constaté que par broyage des argiles illitiques des quantités importantes de potassium du réseau pouvaient être libérées sous formes échangeables.

Dans une première étude préliminaire, on a donc essayé de comparer les quantités de bases échangeables extraites par la méthode classique sur un même échantillon soumis à trois traitements différents : tamisé à 2 mm, broyé fin passant au tamis 50  $\mu$ , traité aux ultra-sons (20 kc-70 W) pendant 15 mn pour désintégrer les particules de sols.

La comparaison des résultats, entre eux, et avec ceux des sols des Antilles, montre que dans ces sols à illite, non fertilisés, peu de modifications résultent du broyage et du traitement par les ultra-sons. Peut-être s'agit-il d'illite très bien cristallisée, peu ouverte et de très petits micas, dans lesquels les potassiums, en position interne, sont peu accessibles.

Quelques essais simples ont été mis en place pour savoir si la diminution des teneurs en potasse échangeable est surtout attribuable au lessivage en profondeur de cet élément et à son absorption par le bananier, ou si les phénomènes de rétrogradation du potassium dans le réseau de l'argile, ont une importance notable. En d'autres termes, élever les niveaux en potasse échangeable de ces sols relativement légers, conduit-il, soit à une perte inutile de potasse par lessivage, soit à une rétrogradation de la potasse sous des formes dont l'assimilabilité par le bananier reste à montrer. Ces études doivent être complétées par des essais agronomiques classiques.

Peut-être faudra-t-il pour la nutrition potassique, modifier l'interprétation classique des résultats analytiques de sols ou de plantes obtenus le plus souvent sur des sols à kaolinite.

## VIII. CONCLUSION

La forte insolation et la chaleur importante et desséchante qui règnent dans la journée, ne sont pas des conditions particulièrement propices pour une croissance régulière du bananier. L'abondance des eaux d'irrigations et la capa-

capacité de rétention d'eau importante de bien des sols, sont, par contre, des facteurs favorables dont il importe de profiter au mieux. Les irrigations devront donc faire l'objet d'un contrôle attentif, particulièrement dans les sols très légers, à faible rétention, s'ils sont maintenus en culture, et dans ceux où, par suite d'un niveau moins perméable en profondeur, un engorgement en eau peut se produire.

Les études en cours sur le potassium, permettront de préciser les quantités de cet élément qu'il semble nécessaire d'apporter. Celles sur l'origine des sels indiqueront comment éviter les apports et la fixation du sodium sur les sols, conduisant à des élévations peut-être nuisibles du  $pH$ .

