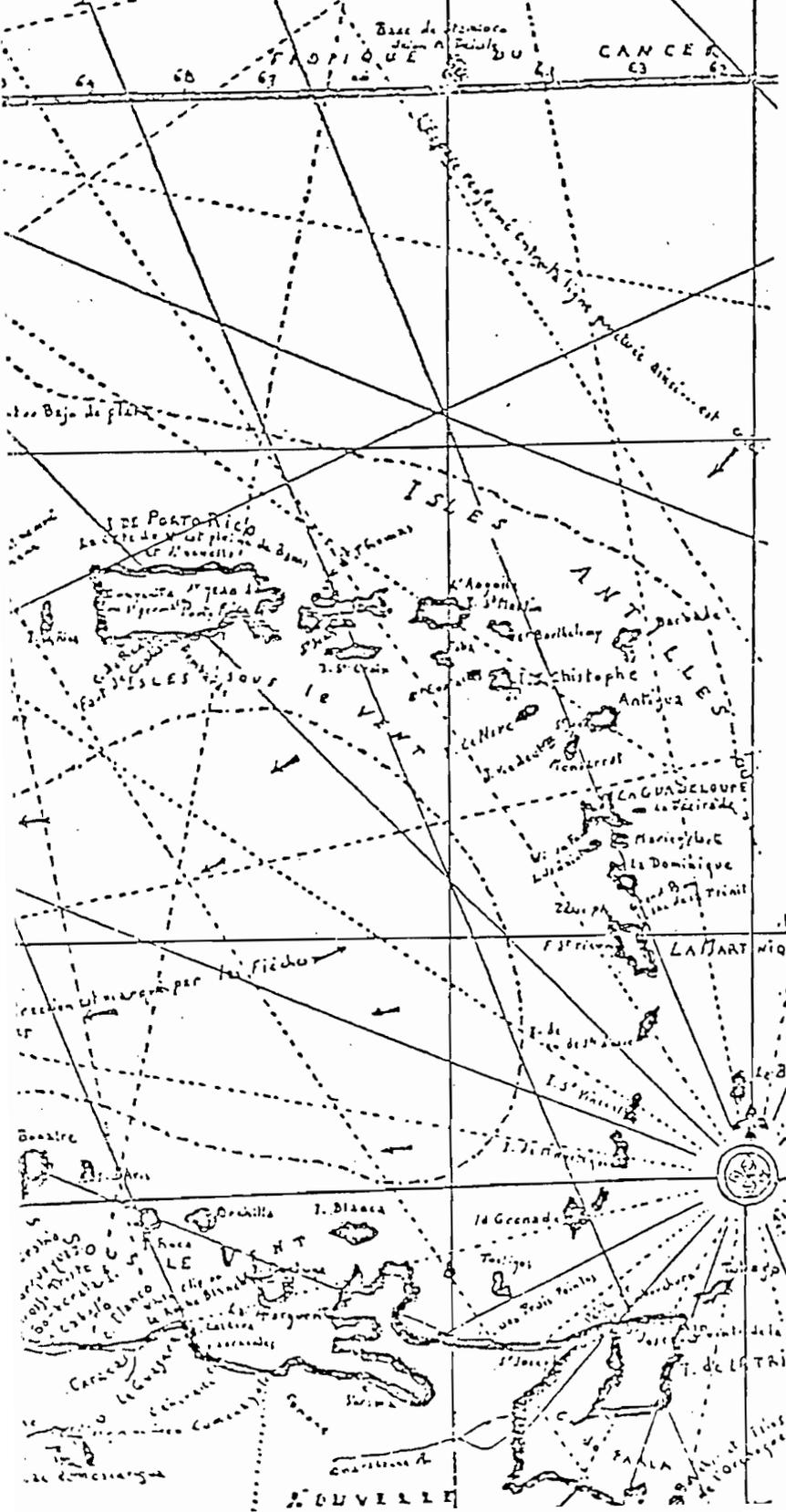


I D E N T A L

F. COLMET DAAGE ET AL.

Publications diverses
EQUATEUR



CENTRE DES ANTILLES

P 47, 52, 88, 102 A, 102 E, 102 F

/ S O M M A I R E /

- I/- (P 47) - Caractéristiques de quelques sols d'alluvions p. 3
Équ. 47.2 de Guayas oriental - Equateur. (1967)
F.COLMET DAAGE, J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU,
V.DIAZ, F.TAZAN, et al.
- II/- (P 52) - Caractericas de algunos suelos de alluvion p. 63
Équ. 52.2 de la zona oriental de la Provincia de (p.m.)
Guayas - Ecuador (1968).
F.COLMET DAAGE, F.DIAZ, F.TAZAN
- III/- (P 88) - Caractéristiques et propriétés de quelques p. 69
Équ. 88.1 sols du Nord-Est de l'Amazonie équatorienne
(1975).
F.COLMET DAAGE, J.GAUTHEYROU, C.ZEBROWSKI,
G.ALMEDA
- IV/- (P 102 A) - Cartography of the soils in the sierra of p.129
Équ. 102.1 Ecuador and derived interpretive maps methods
and objectives (1979).
F.COLMET DAAGE
- V/- (P 102 E) - Cartografia de los suelos en la sierra p.141
Équ. 102.1 ecuatoriana y cartas derivadas -
Metodos - Objectivos (1979).
F.COLMET DAAGE
- VI/- (P 102 F) - Cartographie des sols dans sierra d'Equateur p.159
Équ. 102.1 et cartes dérivées - Méthodes - Objectifs
Travaux (1979).
F.COLMET DAAGE

Publications ORSTOM-Antilles n° P47, P52, P88, P102 A, P102 E, P102 F

I/- / Caractéristiques de quelques sols d'alluvions /
de Guayas oriental - Equateur /

ORSTOM - Antilles, 1967, 57 pp.

F. COLMET DAAGE
J. GAUTHEYROU
M. GAUTHEYROU

V. DIAZ
F. TAZAN
et al.

Publication ORSTOM-Antilles n° P 47

F. COLMET DAAGE - J. et M. GAUTHEYROU V. DIAZ et P. TAZAN
Bureau des Sols des Antilles - O.R.S.T.O.M I.F.E.I.A - D.N.B
avec la collaboration de G. FUSIL et M. KDUKOUI pour les examens d'argile) O.R.S.T.O.M
M. DELAUNE pour les examens des sables) FRANCE

Mission effectuée en Août 1966 sur l'initiative du Directeur Régional de l'Institut Français de Recherches Fruitières (I.F.A.C.) - H. GUYOT

Etudes sur le terrain réalisées dans le cadre de l'Institut Franco-Equatorien d'Investigations Agronomiques (I.F.E.I.A) et de la Direction Nationale de la Banane.

Analyses effectuées, pour la plupart, dans le laboratoire de l'O.R.S.T.O.M aux Antilles - Bureau des Sols - , dans les laboratoires de l'O.R.S.T.O.M. en France et dans ceux de l' Université de Quito.

I - MORPHOLOGIE D'ENSEMBLE - SITUATION

Il s'agit d'une vaste plaine comprise entre la Cordillère des Andes et le Golf de Guayaquil. Très large, atteignant 80 Km, à la latitude de Guayaquil (2° latitude Sud), la plaine se resserre progressivement au Sud pour devenir très étroite au-delà de Tenguel (3.2), où les contreforts des Andes bordent presque la mer. Au-delà de ce seuil, plus au Sud, c'est la vaste plaine bananière de Machala-Pasaje qui a fait l'objet d'études antérieures (COLMET DAAGE et CUCALON - 1962-1965).

La côte est basse et marécageuse avec des formes indécises et changeantes dues aux mangroves sur des alluvionnements très récents et peu consolidés.

A l'Est par contre, la Cordillère s'élève brutalement au-dessus de la plaine pour atteindre 2000 à 3000 mètres d'altitude. Ce versant montagneux est très arrosé. De nombreuses courtes rivières en descendent et permettent l'irrigation d'une large partie de la plaine.

II - CLIMAT

I) Pluviométrie annuelle -

La pluviométrie croît progressivement du Sud au Nord et d'Ouest en Est, c'est-à-dire de la mer vers les montagnes.

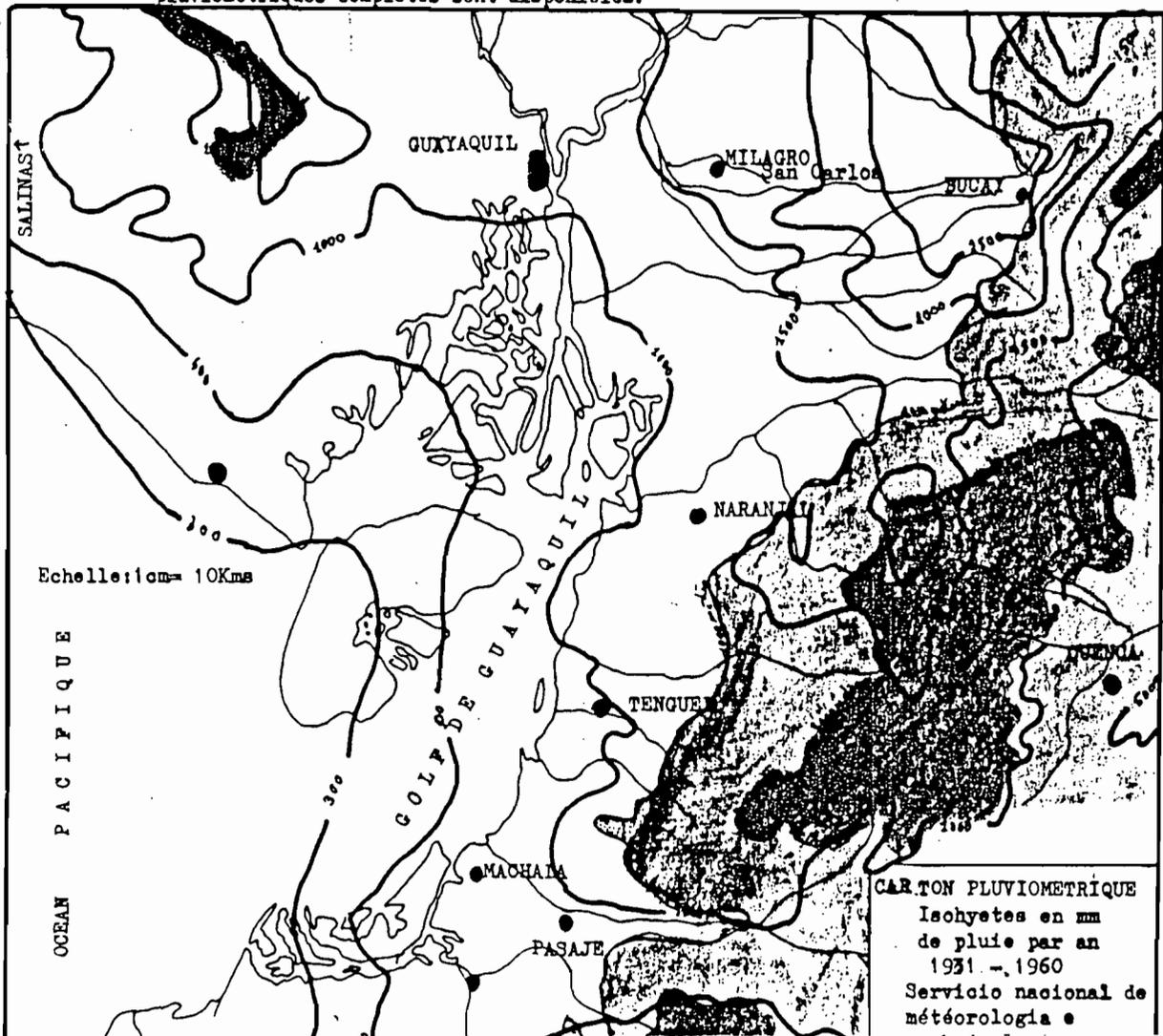
Ces variations sont importantes et attribuables à deux facteurs principaux:

a) Le courant froid de Humbolt, qui remonte depuis l'Antarctique le long des côtes du Pérou, s'éloigne progressivement, et son influence desséchante est de ce fait, de moins en moins sensible. La frontière actuelle de l'Equateur et du Pérou est extrêmement sèche avec un climat semi-désertique (moins de 200 mm par an). Plus au Nord, à MACHALA, il ne pleut guère que deux à trois mois par an avec un total des précipitations de 600 mm. A MILAGRO, au Nord de la plaine, la pluviométrie atteint déjà 1600 mm (960 à Guayaquil même).

b) La barrière escarpée des Andes fait obstacle aux nuages venus du Pacifique, les contraint à s'élever, et provoque un très important accroissement de la pluviométrie déjà sensible dans la plaine, bien avant d'atteindre les premiers contreforts.

C'est ainsi qu'à la latitude de Guayaquil, on passe de 150 mm à Salinas sur la côte à 955 mm à Guayaquil, 1500 mm à Milagro et 1780 mm à San Carlos, 2100 mm à Rocafuerte et 2800 mm à Bucay au pied de la Sierra.

Le même gradient se retrouve à différentes latitudes, mais peu de données pluviométriques complètes sont disponibles.



3) Pluviométrie mensuelle -

La très grande partie des précipitations de l'année tombe de Janvier à Avril. Mai est encore parfois bien arrosé, surtout aux abords de la Sierra. Juin à Décembre est une période très sèche, souvent sans aucune pluie.

L'irrigation des bananeraies ou de la canne à sucre est donc nécessaire durant une bonne partie de l'année. Elle est rendue possible par l'abondance des eaux qui s'écoulent des versants très humides des Andes.

Le tableau I montre bien l'augmentation de la pluviométrie annuelle de la mer vers la Sierra à la latitude de Guayaquil et la diminution de la durée de la saison sèche, réduite à environ deux ou trois mois près de la Sierra.

La pluviométrie à NARANJAL et TENGUEL, quoique situées plus au Sud, est plus importante du fait de la proximité de la chaîne Andine.

A MACHALA, plus au Sud de la zone étudiée, la saison sèche dure environ neuf mois.

TABLEAU I Pluviométrie mensuelle moyenne: mm

LIEU	Nombre d'années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL mm
<u>PARTIE NORD - d'OUEST en EST à la latitude de Guayaquil</u>														
GUAYAQUIL	49	226	304	296	192	53	16	3	0	2	3	4	32	1131 mm
MILAGRO	24	345	423	342	237	78	8	10	1	3	2	5	48	1502
ING.SAN CARLOS (Usine à sucre)	26	367	502	397	311	95	22	11	1	4	5	5	60	1780
ROCAFUERTE	3	303	451	523	534	167	45	13	14	16	15	21	43	2145
BUGAY	3	520	416	643	355	190	181	185	175	79	41	5	34	2824
<u>PARTIE CENTRALE ET SUD</u>														
Hda LOS ALAMOS	10	193	241	252	172	34	4	1	0	0	1	0	23	922
TENGUEL	24	271	344	264	119	81	51	56	38	42	47	36	46	1395
VICTORIA	7	128	216	192	93	50	34	22	21	19	29	15	30	843
<u>AU SUD - ZONE DE MACHALA</u>														
MACHALA	5	113	148	166	58	55	15	15	13	12	18	6	9	629
Hda ESPERANZA	11	80	128	138	61	15	18	12	11	26	22	12	22	545

3) Insolation -

Cette pluviométrie est très insuffisante pour le bananier durant près de la moitié de l'année dans l'ensemble de la plaine étudiée, sauf tout aux abords de la Cordillère. Les besoins en eau sont cependant beaucoup moins importants qu'il serait possible de le prévoir à une telle latitude, par suite de la nébulosité très importante et de la température relativement plus fraîche durant la saison sèche. En effet, pendant toute cette période, le soleil est rarement visible - 1 à 2 heures par jour - et un plafond de nuages se maintient en permanence. Tard encore dans la matinée, une fine bruine, ou plutôt une véritable petite pluie, communément nommée "garua", apporte une substantielle humidité au sol et à la plante. L'évapotranspiration est certainement très nettement réduite durant cette période de l'année

par rapport à celle des fortes chaleurs de la saison pluvieuse, mieux ensoleillée.

Le tableau 2 indique les valeurs de l'insolation mesurée au Campbell à Milagro. A titre de comparaison, on a indiqué les valeurs correspondantes de la pluviométrie.

TABLEAU 2

ANNÉE	MILAGRO - Insolation en heures et dixièmes mesurée au Campbell												TOTAL
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1963	125,6	92,1	122,1	183,3	98,4	56,8	47,5	65,1	55,6	74,4	57,4	67,7	1046 heures
1964	86,2	63,0	73,2	108,2	86,4	37,7	45,3	65,1	85,4	71,1	54,2	96,0	872
1965	84,4	109,6	137,4	131,8	106,9	122,4	72,1	76,6	73,4	42,1	45,8	82,9	1085,4
	Pluviométrie correspondante: mm												
1963	280	108	344	29	21	0	0	0	0	1	1	30	840 mm
1964	261	132	376	171	0	1	0	0	0	1	1	7	950
1965	346	105	482	522	191	43	0	0	2	1	5	153	1850

Il est cependant permis de s'interroger sur la signification réelle des indications fournies par le Campbell dans ces conditions si particulières de l'Equateur. La nébulosité est certes importante, mais la luminosité reste cependant forte, surtout dans le milieu de la journée, sans que l'appareil soit en mesure d'inscrire une valeur. D'autres appareils plus complexes, mesurant les variations de l'énergie lumineuse, devraient sans doute être expérimentés à titre de comparaison avant d'utiliser ces résultats pour des calculs d'évapotranspiration, qui seront peut-être entachés d'erreurs.

On est cependant très loin des 2400 à 2800 heures d'insolation constatées aux Antilles Françaises, dans les régions bananières même très arrosées.

La faible insolation durant la période sèche, ainsi que l'absence de vents, concourent certainement à réduire l'évapotranspiration et les besoins en eau de la plante.

La pratique de l'irrigation par submersion, difficile à contrôler, rend cependant, pour le moment, un peu illusoire le calcul précis des doses d'eau à apporter et de la fréquence des irrigations. Si l'irrigation par aspersion vient à se généraliser, surtout dans les terres les plus légères ou à niveau profond imperméable, la conduite rationnelle des irrigations impliquera une étude plus approfondie des éléments du calcul de l'évapotranspiration potentielle. L'évaporation de la nappe d'eau libre d'un bac de type "par évaporation U. S. standard bureau - classe A" serait très utile à connaître et très simple à mesurer. Dans ces régions à humidité relative élevée de l'air, et sans vents desséchants, les indications fournies par le bac pourraient être sensiblement assimilées à celles d'une bananeraie ou d'un champ de canne couvrant bien le sol, donc au maximum de ses besoins (Jen-hu-chang, Campbell, Bayer 1965)

4) Température -

La température est particulièrement modérée, pour cette latitude, durant la saison sèche où des minima moyen inférieurs à 20° sont fréquents. Sans incidence sensible, à notre connaissance, sur le bananier, ces faibles températures nocturnes et matinales doivent être favorables à l'accumulation du saccharose par la canne, dont la formation serait, d'après certains, handicapée par la faiblesse de l'insolation.

Le tableau 3 indique les températures moyennes mensuelles, les minima et les maxima moyens, ainsi que les minima absolus de chaque mois, durant une période de 25 ans.

TABEAU 3

MILAGRO : Température de l'air en ° C 25 années d'Observations													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYENNE
Température moyenne	25,3	25,6	26,1	26,2	25,5	24,2	23,3	23,2	23,6	23,7	24,2	25,2	24,7
Maxima moyen	30,9	31,1	31,7	31,7	31,0	29,3	28,8	29,1	29,5	29,3	30,2	31,3	30,3
Minima moyen	21,5	22,0	22,3	22,2	21,5	20,5	19,5	19,3	19,7	19,9	20,2	21,0	20,8
Minima absolu sur 25 ans	18,5	19,0	16,7	18,2	17,2	17,3	16,5	16,7	16,5	17,0	16,5	17,2	

On remarque très nettement les températures plus basses de la pleine saison sèche de Juin à Novembre.

5) Hygrosco pie -

L'humidité relative de l'air demeure constamment élevée. Les valeurs moyennes sont de l'ordre de 86-88 % durant la période pluvieuse et s'abaissent légèrement à 83-84 % durant le coeur de la saison sèche d'Août à Décembre.

III - GEOLOGIE

Toute la plaine est recouverte d'alluvions récentes quaternaires, dont il est intéressant de connaître l'origine.

D'après SAUER (1965) presque tout le versant des Andes faisant face à la mer, serait constitué de roches volcaniques du crétacé, allant des "diabases à des porphyres quartzifères, avec des batholites de diorites". Plus en arrière, on rencontre des formations volcaniques plus récentes tertiaires.

Quelques formations sédimentaires marines du Crétacé, apparaissent à la hauteur de NARANJAL entre les formations volcaniques. L'abondance très particulière des sables grossiers dans les rivières qui proviennent de ces régions, trouverait là peut-être une explication ? Signalons aussi, plus en arrière, sur le cours supérieur de ces rivières dans la haute vallée inter-andine, les formations sédimentaires très sableuses d'AZOGUE.

La différence essentielle entre la Cordillère Sud, d'où s'écoule une bonne partie des rivières qui traversent la plaine étudiée, et la Cordillère située plus au Nord jusqu'à la frontière de la Colombie semble surtout consister en l'absence, ou en la présence beaucoup moins abondante, de cendres récentes quaternaires.

Dans le Nord, un très épais manteau de cendre, souvent déjà consolidé en tuf ou "cangagua" occupe en effet toutes les dépressions et les plateaux de la haute vallée interandine ainsi que les pentes des principaux volcans. On conçoit que l'entraînement de ces cendres, par les rivières, facilité par l'érosion très intense, a été très important. Importants aussi ont été les dépôts aériens consécutifs aux diverses éruptions, dépôts qui se trouvent en strates continues bien repérables dans la plaine bananière de Quvedo Ste Domingo.

Dans le Sud, ces épaisses couches de cendres, souvent tendres, semblent rares. Les formations volcaniques anciennes apparaissent presque partout, n'excluant pas, bien entendu, certains anciens niveaux de cendres plus ou moins consolidés. Les sédiments, dans les basses plaines côtières, semblent donc être surtout d'origine fluviale, mais une origine partiellement aérienne n'est pas totalement exclue, surtout dans la partie Nord de la plaine étudiée.

La limite Sud des épaisses formations cendreuses, dans la haute vallée interandine, passerait un peu au Sud de la latitude de Guayaquil-Milagre. Il s'en suit que toute la partie Nord de la plaine étudiée doit se rattacher nettement au vaste ensemble alluvial qui s'étend jusqu'à Babahoyo, Catarama, Vincès, puisque les rivières proviennent de zones similaires.

L'étude minéralogique de la fraction sableuse peut être un indice utile pour caractériser l'origine de certaines formations et aider ainsi à extrapoler une série de propriétés agronomiques qui découlent de cette origine et à faciliter la cartographie par une meilleure compréhension de l'alluvionnement.

Dans la zone étudiée, l'étude de reconnaissance effectuée ne justifiait pas encore cet examen, rendu d'ailleurs pour le moment impossible par le volume déjà insuffisant pour d'autres analyses des échantillons de terre rapportés.

On peut, cependant, donner un exemple pris dans la région de Machala où les études précédentes (COLMET DAAGE-CUCALON-DELAUNE...) ont mis en évidence deux niveaux alluviaux aux propriétés agronomiques très nettement différentes, bien que la distinction, d'après la morphologie du profil, ne soit pas toujours évidente. Certains sols présentent généralement des teneurs considérables en potasse échangeable (2 à 5 mé %) et en phosphore "assimilable" Truog. L'argile y est essentiellement du type montmorillonite. D'autres sols, plus éloignés de la rivière principale semble-t-il, et sans doute appartenant à des formations alluviales plus anciennes, (peut-être s'agit-il de terrasse, légèrement plus élevée) sont incomparablement moins bien pourvus en ces éléments et le type d'argile dominant est la métahalloysite fine-clay avec un peu de gibbsite.

Le tableau 4 montre la différence de composition des sables entre la première formation exceptionnellement fertile (E 24, E 31) et la seconde (E 32). On peut comparer ces résultats à ceux des alluvions de la région de Vincès.

TABIEAU 4

	Minéraux lourds %						Minéraux légers		
	Hyperst.	Augite	Hornblende verte basalt.		Epidotes	Zircen	Opaques	Quartz	Feldspaths
VINCES E 80	8	0	56		12		24	60	39
MACHALA									
très fertiles } E24c	8	19	40		28	5	magnét.	?	altérés à 50%
} E31c	9	16	47	4	24		3,1	?	altérés à 50%
Pauvres E 32c	0	4	81		15	traces	4,7	?	altérés à 50

Une différence assez nette apparaît. On note la présence dans les alluvions très fertiles de Machala d'hypersthène et d'augite indiquant peut-être un apport partiel de cendres volcaniques plus récentes. Dans le cas présent, l'origine de l'alluvionnement est peut-être susceptible d'expliquer les différences importantes constatées entre ces deux formations (nature de l'argile, richesse en éléments utiles) et faciliter ainsi la cartographie, sur le terrain, et par l'étude des photos aériennes. L'examen des sables peut ainsi confirmer ou infirmer certaines hypothèses qui peuvent servir de guide pour l'établissement de la carte des sols.

IV - LES SOLS

IV - I) GRANULOMETRIE -

Il s'agit le plus souvent d'alluvions limoneuses, riches en limon et sables fins.

Quatre cas principaux sont à signaler, car la plupart des variantes s'y rattachent.

11 - Les sols limoneux devenant plus légers en profondeur

Ils résultent d'un alluvionnement bien classique avec diminution progressive des éléments les plus fins (argile,) en profondeur et augmentation de la quantité et de la dimension des sables.

Le tableau 5 donne quelques résultats analytiques.

TABLEAU 5

	Profondeur	<0,002 mm	0,002 à 0,050 mm	0,050 à 2 mm
E I26	0 - 30	38	48	14
	40 - 60	20	64	16
E I29	0 - 30	26	48	26
	40 - 60	12	66	22

	Profondeur cms	<0,002 mm	0,002 à 0,020	0,020 à 0,050	0,050 à 0,200	0,200 à 2,0 mm
E I37	0 - 20	38	39,3	7,4	3,9	5
	40 - 60	32	46,3	10,7	5,4	2
	80 - 120	16	54	24	2,0	5,0
E I31	0 - 20	43	40	5,3	1,7	0,2
	20 - 60	24	51	14,4	4,7	0,3

La proportion d'argile est plus élevée en surface, les limons et les sables croissent progressivement en profondeur. Il y a peu de sables grossiers et la fraction la plus importante est celle comprise entre 0,002 et 0,050 millimètres.

Il s'agit donc de sols faciles à travailler et dont le drainage interne très satisfaisant, plus important en profondeur, permet des irrigations sans que des excès d'eau éventuels puissent être nuisibles à la plante.

12 - Les sols à niveau argileux profonds

121 - Dans bien des endroits, surtout dans la partie Nord de la plaine, en rencontre vers 1 m ou 1,5 m de profondeur, un niveau argileux à argilo-limoneux, de coloration foncée, noire ou gris-foncé, peu perméable, avec très peu de pores visibles et des taches grises et ocres d'hydromorphie.

Les niveaux sableux, situés juste au-dessus de cette couche argileuse, présentent déjà, sur 5 à 15 cm d'épaisseur, des taches rouilles ou grisâtres, indiquant un engorgement temporaire en eau, une partie de l'année.

Il s'agirait souvent d'un ancien sol enfoui, car nous avons trouvé dans la partie supérieure des débris de poteries indiennes.

La présence de cet horizon argileux exige un excellent drainage externe pour évacuer les excès d'eau apportés par l'irrigation par submersion, de façon inévitable. La technique de l'irrigation par aspersion conviendrait mieux à ces sols. Les apports d'eau pourraient être mieux contrôlés et on éviterait des engorgements en profondeur, nuisibles au développement des racines.

Ce type de sol semble se rencontrer dans toute la plaine, depuis Tenguel jusqu'à dans la région de Milagro. Il est fréquent également plus au Nord vers Babahoyo et Vincés, hors de la zone étudiée.

Profils : E I20 - I39 - I30

122 - Cette argile grise foncée affleure par endroits, surtout lorsqu'on s'éloigne de la proximité des rivières. L'épaisseur de la couche argileuse peut atteindre 60 à 80 cm et du sable est généralement rencontré plus en profondeur.

Cas du profil E I21 - Vanillo - 87 - Milagro

123 - Dans bien des cas, cependant, on rencontre une couche enfouie peu épaisse, (de 10 à 20 cm), nettement plus argileuse et de coloration grise foncée. Ce niveau peu perméable est certainement un obstacle à la pénétration de l'eau, mais l'enracinement semble moins en souffrir. Il y a des discontinuités, des pores, des anciens trous de racines, etc... par lesquels l'eau peut s'infiltrer rapidement. L'épaisseur relativement faible assure malgré tout une certaine filtration.

Profil I33 -

13 - Les sols argilo-limoneux uniformes -

Il y a peu de variations de la granulométrie dans le profil - Tableau 6. Il s'agit probablement d'anciennes terrasses hautes à proximité de la Sierra. Il semble que ces sols soient localisés dans le N.E. de la plaine vers Manuel J. Calle. Secs, ces sols paraissent très durs. On y observe souvent quelques taches ou revêtements brunâtres ferro-manganiques. Ils reposent souvent vers 2 ou 3 mètres de profondeur sur des lits de galets roulés.

Les sols sont plus acides, moins bien pourvus en bases échangeables que les alluvions plus légères, ce qui appuie encore l'hypothèse énoncée ci-dessus, de terrasses relativement anciennes.

TABLEAU 6

	Profondeur	< 0,002 mm	0,002 0,020	0,020 0,050	0,050 0,200	0,200 2,00 mm
Profil E I35 - Cie Astra	0 - 30	19,2	30,5	10,7	13,2	21
	80	24,5	28,8	8,6	14,1	20,2

14 - Les sols sableux -

On les rencontre le plus souvent à proximité des rivières, là où les eaux de débordement étaient encore peu assagies.

En général, le sable fin, souvent même très fin, domine, recouvert par un mince niveau un peu plus limoneux, voir légèrement argileux.

Profils : E I28 - I32 - I38 - I40

TABLEAU 7

	Profondeurs cms	< 0,002 mm	0,002 0,050	0,050 2,000
E I28	0 - 30	39	49	12
	40 - 60	8	50	42
E I38	0 - 15	14	38	48
	30 - 60	6	38	50
E I40	0 - 15	22	50	28
	40 - 60	4	68	28

Le drainage interne de ces sols est souvent excessif et rend parfois délicate l'irrigation par submersion. Certains canaux d'amenée d'eau nécessitent un revêtement étanche.

La capacité en eau de ces sols est plus faible et des irrigations plus fréquentes semblent nécessaires. Le volume de sol exploré par les racines est cependant souvent plus important que dans d'autres sols et, surtout lorsque le sable est très fin, la rétention en eau utilisable demeure relativement importante. Une étude concernant la fréquence nécessaire des irrigations, par l'examen suivi de profils hydriques, serait dans ces sols à entreprendre avant de tirer des conclusions trop hâtives. Il est certain que dans ces sols bien perméables, un excès d'eau ne peut nuire au développement des racines du bananier, mais risque d'appauvrir le sol ou d'entraîner en profondeur, les éléments nutritifs apportés par les engrais.

15 - Dans quelques rares endroits, on rencontre des sables grossiers. Il semble que ces sols soient surtout localisés près de Naranjal en bordure des rivières.

16 - Les sols caillouteux -

Les sols semblent localisés en bordure immédiate de la Sierra. Ils correspondent peut-être à d'anciennes terrasses. Les cailloux, généralement roulés ou galets, peuvent apparaître dès la surface ou à moins de 1 mètre.

17 - En résumé :

Bien que le nombre de profils observés soit insuffisant pour conclure, il semble que l'on puisse distinguer comme premier guide pour une cartographie des sols ultérieure :

a) Une première terrasse en bordure de la Sierra avec des galets et des cailloutis à faible profondeur

b) Une deuxième terrasse, relativement ancienne, avec des sols limono-argileux, de texture uniforme, reposant en profondeur sur des galets. Il est possible que ces matériaux soient en partie, issus des formations sédimentaires Crétacé que l'on trouve à cette latitude dans la Sierra.

c) Dans la partie élargie de la plaine au Nord de la zone étudiée, les sols à alluvionnement limono-sableux de type classique, seraient plus épais lorsqu'on se rapproche, soit des Andes, soit des rivières principales. En se rapprochant de la mer ou en s'éloignant du lit des rivières, les niveaux d'argile grise foncée enfouie, semblent plus proches de la surface et souvent même viennent à affleurer.

d) Dans la partie Centrale et Sud, les rivières sont plus courtes, encore torrentielles, charriant encore des éléments relativement plus grossiers, qui confèrent aux sols leur texture souvent plus sableuse.

IV - 2) CARACTERISTIQUES HYDRIQUES -

Toutes les analyses prévues n'ont pu être réalisées par suite de l'épuisement des échantillons au laboratoire. Elles doivent être complétées avec des déterminations de densités apparentes.

On peut, cependant, donner déjà quelques indications pour les principaux niveaux caractéristiques.

21 - Les niveaux limono-argileux -

Ils renferment environ 70 à 80 % de fraction inférieure à 0,050 mm et pas de sables grossiers. Les valeurs de la rétention en eau du sol ressuyé et

en eau "dite utilisable" (pF 2,5 - pF 4,2) sont élevées. A noter que dans ces sols à éléments fins, les valeurs de l'humidité pour les pF 2,5 et 3 sont assez voisines.

TABEAU 8

Valeurs de l'humidité à différents pF et de l'eau utilisable , p.100 gr de sol sec

		<0,050 mm	M ₀ %	pF 2,5	pF 3	pF 4,2	eau utile
E 126	0 - 30	86	3	41	36,9	18	23
	40 - 60	84	1,6	38,7	33,4	12,5	24
	100 - 120		1,1	32,2	27,2	12,5	19,7
E 128	0 - 30	88	3,7	38,9	36	17,5	21,4
	100 - 120		0,8	38,8	36,5	8,3	30,5
E 129	0 - 30	74	3	37	34,3	15,5	21,5
	40 - 60	78	1	34,2	28,1	10,8	23,6
	100 - 120		1	44,5	42,5	18,4	26
E 133	0 - 30	64	3,7	36,9	33,1	15	21,9
E 140	0 - 30	72	3,1	41	37,9	15,8	25
E 144	0 - 30	78	3,4	48,7	46,3	29,4	19,3

Des valeurs de 20 à 25 % d'eau utilisable, en poids de sol sec, sont importantes. Ces chiffres devraient être multipliés par la densité apparente pour être exprimés en volume de sol en place. Pour le moment, on peut prendre 1 comme valeur de la densité apparente, chiffre sans doute inférieur à la réalité. Ceci signifie que dans les profils limoneux à alluvionnement classique, l'eau "utilisable" par la plante correspond sensiblement à 25 % du volume total du sol.

Sur 1 m d'épaisseur, la tranche d'eau disponible serait de 25 cm.

Les valeurs importantes de la rétention en eau utilisable, ainsi que les valeurs souvent voisines des pF 2,5 et 3, indice de remontées capillaires importantes, expliquent, en partie, le maintien des cultures de cacaoyers, café, en dépit d'une saison sèche de près de six mois.

On remarque dans le tableau 8 que la matière organique semble avoir peu d'influence.

22 - Les niveaux argileux -

Peu de résultats sont disponibles. Les valeurs de pF 4,2 sont plus élevées et la rétention en eau utilisable plus faible que dans les sols précédents. Il s'agit là d'ailleurs d'une notion très relative, car l'engorgement en eau fréquent, et l'hydromorphie qui en résulte, gênent le développement des racines dans ces niveaux.

23 - Les niveaux sableux -

Avec l'augmentation de la taille des particules, les petits pores sont moins abondants, l'eau est moins bien retenue, l'eau utilisable est plus faible. Dans bien des cas, cependant, cette rétention plus faible en eau, d'un certain volume de sol, peut être compensée par un enracinement plus profond, dû au bon drainage interne, maintenant le sol parfaitement sain, donc, par un volume plus important de sol humide exploré.

TABLEAU 9

	Profon- -deur	M.O	pF 2,5	pF 3	pF 4,2	Eau Utile p. 100 g. sol
E I33	30 - 60	0,6	9,1	8,3	3,4	5,7
E I38	30 - 60	0,9	16,1	14,6	5,1	II
E I40	40 - 60	0,5			4,6	

IV - 3) NATURE MINÉRALOGIQUE DES ARGILES -

Les examens aux rayons X et à l'analyse thermique différentielle de plusieurs échantillons de la région de Machala, avaient mis en évidence la présence de montmorillonite en quantité importante dans les sols les plus fertiles, et de métahalloysite dans les sols plus pauvres en lisière de la plaine. Il y avait un peu d'illite.

L'examen d'un échantillon d'argile foncée, dans la région de Babahoyo Milagro, avait indiqué la présence simultanée de montmorillonite et de métahalloysite ou halloysite.

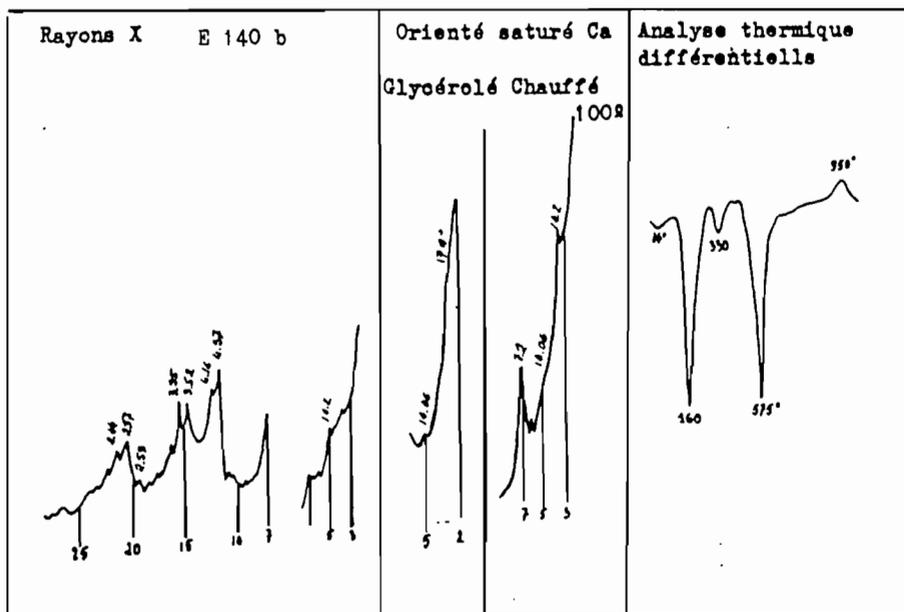
Tenant compte de ces résultats, deux échantillons seulement de sols d'alluvions ont été retenus.

21 - Le profil E I42 dans la région de Tenguel correspond à un alluvionnement classique limono-argileux en surface, avec augmentation progressive du sable fin en profondeur. L'échantillon examiné a été prélevé à 40-60 cm.

La figure 3 montre que l'argile est du type montmorillonite, mal cristallisée d'ailleurs (raie à 14,2 Å gonflant sensiblement au glycérol) avec probablement de la métahalloysite et un peu d'illite (raie à 10,06 Å inchangée par séchage à 100° et traitement au glycérol). Il y aurait un peu de goéthite et peut-être un peu de gibbsite. On peut remarquer d'ailleurs, plus en profondeur, dans les niveaux plus sableux, la formation de petites concrétions ferrugineuses, en forme de poires, autour d'anciennes radicelles, la pointe étant dirigée vers le haut et le diamètre pouvant atteindre jusqu'à 5 ou 6 mm.

Ce type de sol est donc voisin, par sa constitution, des sols fertiles de la région de Machala. La teneur en bases échangeables est d'ailleurs importante 18 mé % (32 en surface), mais les teneurs en potasse et phosphore demeurent très faibles.

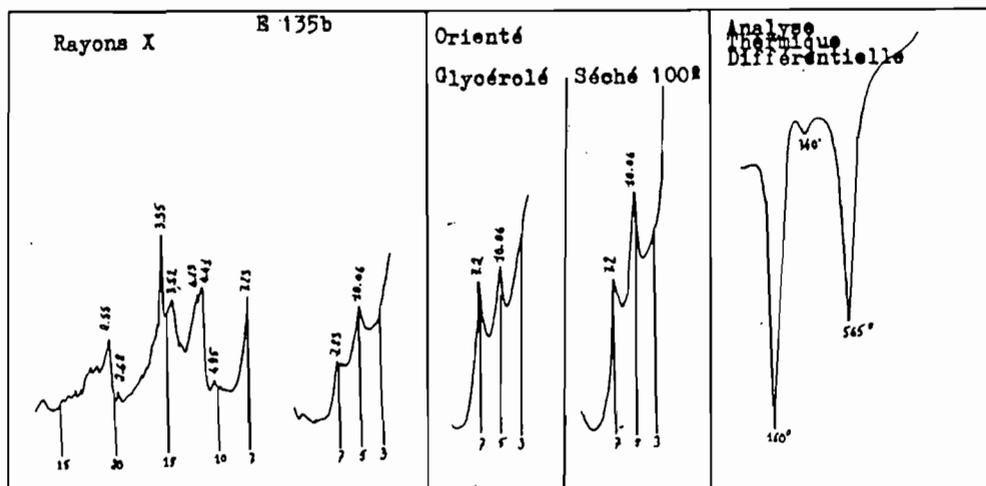
Figure 3



32 - Le profil E 135 est situé à l'Est de Manuel J. Calle et semble correspondre à une terrasse déjà plus ancienne. Le sol est limone-argileux, uniforme sur tout le profil, déjà un peu acide et nettement moins bien pourvu en bases échangeables pour une teneur en argile semblable, que les autres sols d'alluvions.

La figure 3 montre que le type d'argile dominant est l'illite (raie à 10,06 Å inchangée par séchage à 100° et traitement au glycérol). Il y aurait aussi une argile à 7 Å, probablement de la métahalloysite et un peu de goethite. Une partie, au moins, de l'illite serait dioctaédrique (4,95 Å). La présence d'argile illitique expliquerait la capacité d'échange nettement plus faible de ce type de sol.

Figure 4



Comment peut-on expliquer la présence dominante de l'illite, alors que ce type d'argile est extrêmement peu rencontré dans les produits d'altération des formations volcaniques : cendres ou roches dures, qui contiennent, en général, de l'halloysite, de la montmorillonite ou des substances amorphes, produits usuellement trouvés dans les alluvions qui en dérivent.

Il semble que ces sols pourraient avoir pour origine, au moins partielle, les sédiments marins crétacés qui, d'après SAUER, constitueraient une partie du versant des Andes à cette latitude. La plupart des sédiments marins renferment en effet, une importante proportion d'illite. Il n'est pas non plus exclu que ces alluvions puissent provenir d'anciennes formations métamorphiques micacées, mais cette hypothèse, avec les éléments géologiques dont nous disposons, paraît peu probable. Elle aurait eu davantage de fondement sur le versant oriental adossé aux formations précambriennes de la Cordillère Orientale. La connaissance de la nature de l'argile des sols formés dans la Sierra même, sur ces sédiments marins crétacés, serait intéressante pour vérifier cette supposition.

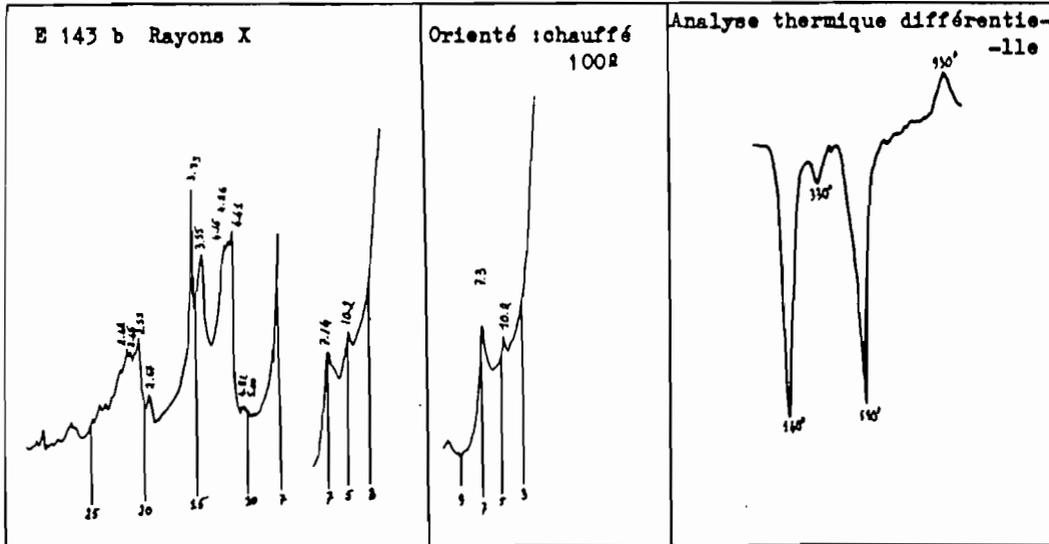
A l'exception de ces terrasses à argiles illitiques bordant cette zone de la Sierra, le type d'argile dominant des formations alluviales plus récentes, vient confirmer leur origine volcanique, avec probablement un fort pourcentage de cendres récentes transportées par les rivières et par sédimentation aérienne.

Cette différence importante de la nature de l'argile, outre les répercussions immédiates sur certaines propriétés physico-chimiques du sol, aisément constatées, peuvent avoir une influence sur le comportement de la potasse dans les sols et le contrôle de la fertilisation en cet élément... On sait, en effet, que les illites renferment d'importantes quantités de potassium qui est un élément constitutif de leur réseau. Dans ces argiles, et surtout lorsqu'elles ont un réseau "ouvert" mal cristallisé, le potassium fixé est susceptible, dans une certaine mesure, de s'échapper du réseau et de venir se fixer sur des positions d'échange. L'inverse peut aussi se produire et du potassium échangeable, apporté par les engrais par exemple, est susceptible de passer en position interne, fortement retenu et inaccessible à la plante.

La présence d'illite vient donc sensiblement perturber les notions établies par des expérimentations aux champs conduites sur des sols à argile de type kaolinite, montmorillonite ou substances amorphes, dans lesquels le potassium semble exclusivement ou essentiellement fixé sous forme échangeable. De faibles teneurs en potassium échangeable, qui dans ces derniers sols pourraient amener à conclure à un déficit important du sol en potasse, doivent être interprétées avec plus de prudence sur des sols à argiles illitiques. Le diagnostic foliaire sera sans doute un instrument très utile de comparaison. Ce moyen de contrôle de la nutrition potassique rendra sans doute bien des services dans les nouvelles plantations de canne de la Compagnie AZTRA, qui semblent établies sur ce type de sol particulier. (en l'absence de cartographie, on ne saurait l'affirmer cependant).

33 - Sols rouges à évolution ferrallitique

Au sud de Tenguel , les contreforts de la Sierra atteignent presque



la mer et constituent un seuil séparant la zone étudiée de la plaine de Machala . Sur certaines langues de sols rouges , en faible pente , que traversent la routs , nous avons prélevé des échantillons et examiné la nature de l'argile.

Il s'agit d'un sol faiblement ferrallitique ou d'un ferrisol très voisin de ceux des Antilles , sur formations volcaniques dures . Le sol est d'abord brun jaune argilo-limoneux sur 40 cms , puis argileux , rouge orangé , très fin friable à tendance pseudo-sable , avec des taches plus rouges.

L'argile semble surtout constituée de fire-clay / métahalloysite avec de la goethite, peut être , un peu de gibbsite, mais aussi une petite quantité d'illite (raie à 10,2 A° se maintenant après séchage à 100°) . La présence d'un peu d'illite distingue ces sols de ceux que nous observons aux Antilles. Elle peut sans doute s'expliquer par le caractère beaucoup plus ancien qu'aux Antilles des formations volcaniques qui bordent la plaine avec des passages probables de roches métamorphiques.

IV - 4) CARACTERISTIQUES CHIMIQUES -

On peut distinguer :

4-1) Les sols limoneux ou limono-sableux d'alluvions récentes -

Les teneurs en bases échangeables sont généralement importantes, atteignant 25-30 mé p.100 de sol pour les faciès limoneux à 20-25 % d'argile et encore 15 à 20 mé dans les niveaux riches en sables fins. Le calcium est l'élément dominant mais les teneurs en magnésium représentent, le plus souvent, le 1/3 à la moitié de celles en calcium, ce qui constitue une proportion déjà importante.

Les teneurs en potassium sont modérées en surface, 0,3 à 0,5 mé, rarement 1 mé et faibles en profondeur : 0,08 à 0,15 le plus souvent.

Les teneurs en sodium sont très faibles. Aucune inquiétude de ce côté.

On peut remarquer, qu'à l'exception du potassium, les teneurs en bases échangeables paraissent peu influencées par les teneurs en matière organique.

En tenant compte des variations de la granulométrie dans le profil, on ne constate ni pour le calcium, ni pour le magnésium, de variations particulières entre les niveaux superficiels riches en matière organique (jusqu'à 6 %) et les niveaux plus profonds qui n'en renferment que 1 % ou moins.

Le coefficient de saturation en base est rarement inférieur à 86 %, le plus souvent compris entre 95 et 100 %. Les valeurs sont parfois plus faibles, tout en surface, par suite, semble-t-il, d'un accroissement, pas toujours sensible, de la capacité totale d'échange de bases par la matière organique.

Les pH sont compris entre 6 et 7. Ils semblent plus élevés dans le Sud du périmètre, plus sec que dans le Nord, plus humide. Dans cette région on constate des valeurs souvent plus faibles, voisines de 6 en surface, peut-être attribuables à une activité microbienne plus intense, l'apport d'engrais azoté

Par ces caractéristiques, il s'agit donc d'excellents sols. On doit faire remarquer, toutefois, que dans les sols fertiles de la plaine de Machala, plus au Sud, les teneurs en bases échangeables atteignent encore de plus fortes valeurs pour des compositions granulométriques similaires. Des valeurs de 30 à 40 mé % de bases échangeables dans les sols limoneux sont fréquentes, avec une proportion plus importante de calcium. Rappelons aussi les valeurs élevées des teneurs en potassium échangeable, atteignant souvent 4 à 5 mé % en surface et dépassant 1 en profondeur dans bien des profils.

Il s'agit donc de bons sols, mais dans lesquels une fertilisation potassique est à prévoir, avec probablement des besoins variables suivant les zones en fonction de la granulométrie du sol et du système de culture antérieur. L'analyse des eaux d'irrigation devrait aussi permettre de connaître si cet élément n'est pas apporté en quantité suffisante, même dans les sols les plus sableux.

Les teneurs en phosphore Truog (méthode classique $SO_4H_2 = N/500$) sont variables, mais généralement importantes, de l'ordre de 10 à 60 mg de P_2O_5 p.100 g de sol. Comme dans les alluvions de la région de Machala, on ne peut pas constater de gradient de la richesse au sein même du profil. Quelques variations reflètent celles de la granulométrie, mais c'est fréquemment en profondeur que les niveaux sont les plus élevés. Ceci ferait penser à un apport de phosphate par les eaux d'irrigation avec un accroissement des teneurs dans certains niveaux, eu celles-ci se maintiennent plus longtemps, permettant une fixation plus importante sur le sol.

Aucune fumure phosphatée n'est à prévoir et lorsque des formules d'engrais ternaires sont employées, celles avec les plus faibles teneurs en phosphates sont à rechercher.

4-2 - Les sols argileux gris foncé -

Les niveaux argileux se rencontrent surtout en profondeur, enfouis sous des sédiments plus légers. Ils affleurent parfois, cependant. Les teneurs en bases échangeables sont un peu plus élevées que dans les sols limoneux avec une proportion souvent plus importante de magnésium.

TABLEAU 10

Ech.	Profondeur cm	Ca	Mg	K	Na	S	T	V %
		en milliéquivalent gr.						
E I20 c	80 - 110	14,9	12,4	0,10	2,1	29,5	30	98
E I21 a	0 - 30	20,9	10,3	0,21	0,29	31,7	33	96
E I25 c	50 - 60	16,4	12,4	0,14	0,82	29,8	32	93
E I30 c	50 - 70	22,7	12,2	0,14	0,24	35,3	37	95

On remarque dans le tableau 10 qu'un des échantillons présente une teneur nettement plus forte en sodium, que l'en ne retrouve pas dans les autres, bien que dans certains, il y ait une nette élévation par rapport à la moyenne.

Il serait néanmoins intéressant, surtout sur le cours inférieur des rivières, où des remontées d'eau saumâtre sont possibles et où le pompage est utilisé pour l'irrigation, comme c'est le cas pour le profil E I20, de faire quelques déterminations de sodium échangeable, afin de s'assurer qu'il n'y a pas sodification progressive de ces niveaux enfouis et risque d'imperméabilisation totale par dégradation de la structure.

4-3 - Les sols limoneux à argile illitique -

Les teneurs en bases échangeables sont nettement plus faibles que dans les sols précédents, même pour des teneurs en argile supérieures. La capacité d'échange est également plus faible, ainsi que le coefficient de saturation en bases.

Les teneurs en potassium sont très faibles en profondeur, modérées en surface.

Les teneurs en phosphore Truog sont assez bonnes en surface, quoique inférieures à celles de la plupart des autres sols d'alluvions et pratiquement nulles en profondeur.

Ce n'est pas, bien entendu, avec un profil que des conclusions peuvent être tirées et ces observations doivent être vérifiées en bien d'autres endroits de la zone considérée.

TABLEAU II

Profil	Profondeur cm	en milli-équivalents p. 100 de sol						V %	P ₂₀₅ Truog mg %
		Ca	Mg	K	Na	S	T		
E 135 a	0 -20	12,2	2,6	0,34	0,05	15,2	20	76	8
b	40 -60	4,9	6,2	0,08	0,05	11,2	18	62	0,8
c	80	4,3	6,1	0,08	0,12	10,6	17	62	0,8

Rappelons les restrictions que nous avons faites à propos des argiles illitiques sur l'interprétation des faibles teneurs en potasse échangeable du sol pour la fertilisation. A noter d'ailleurs, une proportion relativement importante de magnésium qui peut accroître un éventuel déséquilibre en potasse.

V - MATIERE ORGANIQUE

Les teneurs en matière organique peuvent être influencées par le système de culture lorsque des prélèvements ponctuels sont effectués. Elles dépendent aussi de l'épaisseur de la couche superficielle prélevée.

Dans le Nord de la plaine plus anciennement cultivée, les couches superficielles du sol sont mieux mélangées par le travail du sol et les prélèvements ont été effectués dans la tranche de 30 cms qui correspond sensiblement à l'horizon labouré ou travaillé. Les teneurs en matière organique sont de l'ordre de 2 à 3 %, avec encore des teneurs de près de 1 % jusqu'à 80 cms ou 100 cms de profondeur.

Dans le Sud, les niveaux humifères sont mieux visibles, bien noirs ou très foncés sur 5 à 10 cms. Les prélèvements ont donc concerné des épaisseurs plus réduites de sol, 10 à 15 cms, et des valeurs de 5 à 6 % de matière organique sont constatées. Les teneurs décroissent assez rapidement en profondeur.

Comme nous l'avons vu, la matière organique ne semble pas jouer un rôle essentiel, ni dans le maintien des teneurs en bases échangeables, comme c'est fréquemment le cas dans les régions tropicales humides, ni dans les réserves en eau utilisable (tableaux 8 et 9). Elle semble avoir une certaine influence, cependant, sur la capacité d'échange.

L'étude des variations des teneurs en azote minéral, au cours de l'année, pourrait renseigner déjà sur la capacité de ces sols à fournir de l'azote utilisable par la plante, à partir des réserves constituées à partir des débris organiques des plantes ou des engrais. L'incidence des irrigations perturbe sensiblement l'étude, exige des prélèvements plus serrés et diminue un peu son intérêt.

VI - CONCLUSION

L'impression de fertilité potentielle qui se dégage de l'étude de ces sols, de leurs caractéristiques physiques et chimiques, est réelle et contraste avec la faible utilisation actuelle des sols.

Peu d'obstacles naturels, d'ordre topographiques, climatiques et même économiques, empêchent le développement de cette région. L'établissement des voies d'accès permanentes ne doit guère poser de difficultés.

Si la débacle de la culture bananière a été dans toute cette région spectaculaire par suite des attaques de la maladie de Panama qui, en quelques années, a fait disparaître la plupart des plantations de la variété Gros Michel, et en particulier les plantations de l'United Fruit Cie, ce n'est pas une raison suffisante pour que de vastes zones de ces sols fertiles soient actuellement à l'abandon ou cultivées de manière très extensive.

Les possibilités d'une reprise de la culture bananière avec les variétés résistantes au mal de Panama sont réelles. Il s'agit peut-être davantage d'un choix économique qu'agronomique à l'échelle de l'ensemble du pays : distance aux navires, voies d'accès, aménagement des réseaux d'irrigations. Existe-t-il des avantages par rapport aux autres régions productrices d'Equateur pour la rentabilité ?

L'extension de la culture de la canne, irriguée, et susceptible d'être entièrement mécanisée quand le besoin s'en fera sentir, est en cours sur les 10.000 ha de la Cie AZTRA. Le coton a pris, en deux ans, une extension considérable dans toute la partie Nord.

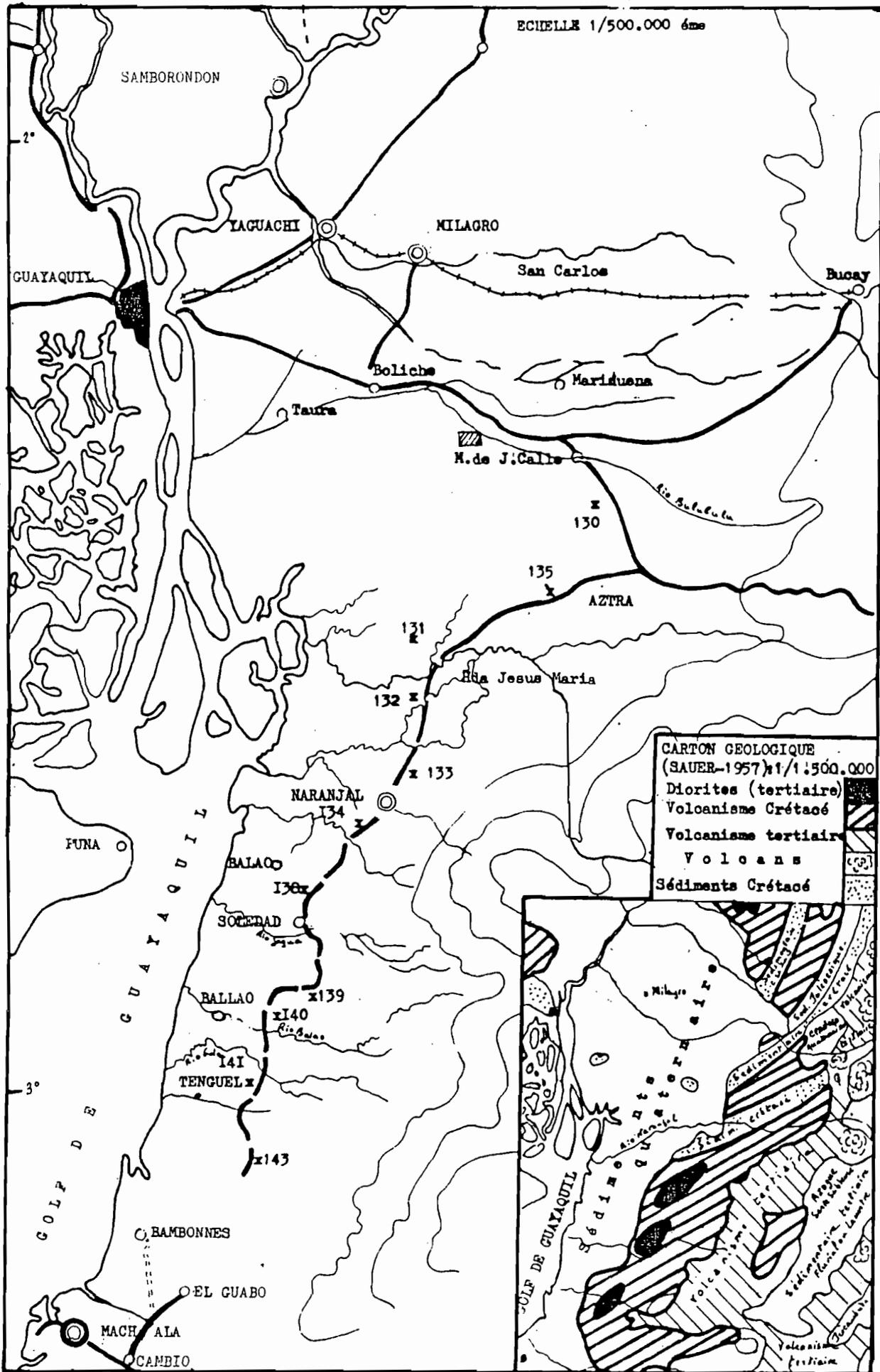
Bien d'autres cultures tropicales seraient également possibles, bénéficiant du double privilège, garant dans une certaine mesure de leur avenir économique : sols fertiles, irrigation aisée et possibilités de mécanisation dans les meilleures conditions requises.

Les études précisant les conditions naturelles de cette région : sols, régimes hydrographiques, climat, sont donc à poursuivre pour servir à un aménagement d'ensemble rationnel.

JUIN 1967

VII- BIBLIOGRAPHIE

- COLMET DAAGE (1962) Etudes Préliminaires des sols des régions bananières d'EQUATEUR. FRUITS Vol.17 N° 1 , PP pp.3-21.
- COLMET DAAGE F.- CUCALON.F. - DELAUNE M., J et M. GAUTHEYROU, MOREAU ,B(1965)
Caractéristiques de quelques sols d'Equateur dérivés de cendres volcaniques pp 136.
- SAUER W. (1965) Géologie del Ecuador . Edit.Minist. Educacion QUITO pp.383.
- SAUER W (1957) El Mapa geológico del ecuador Edit. Iniversitaria QUITO
pp70 + Carte au 1/1.500.000 eme



LES SOLS LIMONEUX OU LIMONO-SABLEUX devenant plus légers en profondeur

Sols à bon drainage interne

NORD: E 84 -

122 - Vanillo

123 - Vanillo

126 - Mariscal Sucre

127 - Mariscal Sucre

129 - Chibales

CENTRE 131 - Hda Los Alamos Naranjal

137 - Hda Secadal

SUD 142 - Hda Tenguel Tenguel

144 - Hda Maria Teresa

PAYS: EQUATEUR

REGION: BABAHOYO

PROFIL N° 84

Roche Mère: Cendre volcanique - alluvions.

DATE: déc. 63

Pluviométrie: Voisine de 3 m. Région très humide. Pluies plus fréquentes qu'à BABAHOYO.

Altitude: 20 à 50 m.

PAYSAGE

LIEU: De BABAHOYO à MONTALVO vers la Sierra. Belle plaine très plate on longe souvent la rivière. Berges limono sableuses avec cacaoyers et plaines labourées avec riz, très plat. Pas de banane, cacao sous ombrage. Le climat est nettement plus humide près de MONTALVO au pied de la Sierra.

LIEU 5 km de MONTALVO. Grande cacaoyère sous ombrage deinga, Zones labourées à 200 m. très plat. Profil assez hétérogène.

0 - 5 Humifère, grumeleux, beaucoup de racines.

5 - 30 Limoneux beige IO YR 5/6 sec et humide. Légères taches rouilles. Encore humifère.

30 Plus clair IO YR 7/6. Très poreux.

40-80 Plus foncé IO YR 5/2 frais, très poreux, légèrement subangulaire; apparence limoneuse. Beaucoup de pores. S'effrite bien en petits agrégats, peu cohérent. Légère hydro-morphe.

80-110 Assez foncé IO YR 3/2 avec débris de poteries.

110 Plus clair. Limon roux finement sableux avec beaucoup de minéraux brillants. Couleur IO YR 5/6.

Bien humide à 140.

Echantillon N°:	Profondeur en cms	Humidité p. 100 %	Argile %	Limon %	Sables %	M.O.	C g %	N mg %	C / N
a	0 - 15	35						170	
b	120 - 150	35						-	

Echant. N°:	Bases échangeables mé p.100				S	T	V %	p205 total mg %	p205 truoq mg %	pH
	Ca	Mg	K	Na						
a	7.35	0.90	0.59	0.13	9	18	50	185	11,2	6
b	-	-	-	-						

TYPE DE SOL :

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - VANILLO PROFIL N° E 122
 Altitude: 10 m DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Températ. moy. 24°7 - moy. max. 30°8 - moy. min. 20°8
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm Insolation: 1000 H
 19 21 17 15 7 4 = 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs
 Modelé local: plat -

Drainage externe: lent - à 50 m de la rivière qui inonde à certains mois Rio CULEBRA
 Végétation et cultures: jeunes bananes après friche et rivière -

Lieu et paysage: à 300 m du Rio et à 300 m d'une colline isolée - pépinière Lavendiah -
 probablement ancienne berge de rivière - après la forêt - défriché en 1961, il y a 6 ans,
 puis gros Michel -
 On voit très bien dans les canaux de drainage les graviers de la rivière, dont on peut
 suivre le cours d'après la topographie légèrement plus basse - elle passait à environ 50 m
 du profil I22

- 0 - 40 Sableux - fin - noir IO YR 3/1 - jusqu'à 20 puis un peu plus clair IO YR 3/2 -
 léger - friable - structure continue - à poins angulaire - nombreux pores petits
 et moyens - bien perméable -
- 40 - 80 limoneux avec sable fin et un peu d'argile - beige IO YR 5/2 - avec quelques
 taches jaunes IO YR 5/4 - structure subangulaire - tendance polyédrique -
 s'effrite assez bien - peu compact - nombreux pores moyens de 0,5 mm et petits
 pores -
- 80 - 140 Sable fin - beige jaune IO YR 5/6 avec taches brunes, légères, plus foncées
 IO YR 4/4 - quelques taches ocres rouilles - quelques poches ou lits de sable
 plus grossier 0,2 mm - jaune avec taches rouilles diffuses et nombreux micas -
- 140 Limoneux avec sable fin - plus beige gris IO YR 5/2 - plus humide -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile			Limon			Sables			Ca. Or x172 %	C g %	N mg %	C/N
			%	%	%	%	%	%	%	20-50	50-200				
a	0 - 30		22			34			44			1.98		115	
b	40 - 60		38			36			26			0.77		45	
c	80											0.40		23	
No	Bases échangeables mé.p.100				C.sol S	T	V %			P ₂₀₅ mg/100g	Mg mg/100g	pH eau			
	Ca	Kg	K	Na											
a	10.0	3.3	0.41	0.05	13.8	18	76.7			11	5.3	5.9			
b	16.1	4.5	0.17	0.12	20.9	23	90.9			6.3	7.8	5.9			
c	11.4	4.2	0.06	0.14	15.8	16	98.8			13		6.0			
N°	eau utile														
	2.5	3	4.2												
a	23.1	22.1	9.5	13.6											
b	33.5	30.4	16.1	17.5											

Type de sol: Alluvions légères de berges de rivière -

BUREAU des SOLS des ANTILLES O.R.S.T.O.M.

26

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - VANILLO PROFIL N° E I23
 Altitude: 10 m DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Températ. moy. 24°7 - moy. max. 30°8 - moy. min. 20°8
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 5 = 102 Jrs Insolation : 1000 H
 Modelé local: plat -

Drainage externe: lent - à 50 m de la rivière qui inonde à certains mois Rio CULEBRA
 Végétation et cultures: Forêt défrichée il y a très peu de temps -

Lieu et paysage:

0 - 30 Limoneux - foncé -

30 - 150 Limoneux - beige jaune avec passage de sable fin ou de niveau limoneux - un peu argileux - plus grossier -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon			Sables %			Ka. Or x172 z	C R %	N mg %	C/N
			%	%	%	20-50	50-200	200-2000				
a	0 - 30		26.	40.		34.			2.60		151	
NO	Bases échangeables mé.p.100				E. sol S	T	V %	P ₂₅ mg %	bray	pH / eau		
	Ca	Mg	K	Na								
a	18.5	1.4	0.88	0.05	20.8	25	83.2	35	2.35	6.3		
N°												

Type de sol:

BUREAU des SOLS des ANTILLES O.R.S.T.O.M.

27:

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - MARISCAL SUCRE PROFIL N° E 126
 Altitude: 10 à 20 m DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Température moy. 24°7 - moy. max. 30° - moy. min. 20°8
 Pluviométrie: 345-423-342-237-478-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm Insoolation 1000 H
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs
 Modelé local: plat -

Drainage externe: très lent -

Végétation et cultures: Cacaoyers depuis 10 ans et quelques bananes isolées - jamais d'engrais

Lieu et paysage: A 2 Km de la rivière de Milagro - au Sud des terres de la Sucrierie Ingenio Valdery -

Après 4 mois de saison sèche

- 0 - 30 Limoneux - un peu argileux - assez dur sec - un peu adhésif humide - 10 YR 3/2 humide et sec - structure polyédrique - quelques petites fentes - quelques pores - faces subangulaires - nombreuses racines de cacao -
- 30 - 60 Limon sableux - sable très fin - structure continue - très friables - beige jaune 10 YR 5/4 - nombreux pores petits et moyens - encore beaucoup de racines - un peu frais - s'émiette très aisément -
- 60 - 150 Limoneux - avec sable très fin - structure continue - beige grisâtre 2,5 Y 4/4 frais - nombreux petits pores - légères taches brunes diffuses - très friable - parfois passages plus sableux - sablo-limoneux - sable très fin - et vers 150 limon un peu argileux - Racines bien réparties de 5 à 70, mais encore quelques unes jusqu'à 1,5 m - pas de feutrage en surface -

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Argile			Limon		Sables		P.a. Or. x172 %	C %	N mg %	C/N
			%	%	%	120-50	50-200	200-2000					
a	0 - 30		38.	48.	14.				3.03		176		
b	40 - 60		20.	64.	16.				1.57		91		
c	100 - 120								1.07		62		
No	Bases échangeables mé.p.100				C. sol %	T	V %		P ₂ O ₅ mg %	mg %	pH / eau		
	Ca	Kg	K	Na									
a	15	8.4	0.63	0.12	24.2	30	80.3		19	41.14	5.29		
b	15	9.1	0.15	0.14	24.4	26	93.8		15	0.43	6.1		
c	15.4	10.1	0.14	0.17	25.8	26	99.2		39		6.65		
N°	eau												
	pH	2.5	3	4.2								utile	
a	41	36.9	18.0	23.0									
b	38.7	33.4	12.5	24.0									
c	32.1	27.2	12.5	19.7									

Type de sol: Alluvions limoneuses -

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - MARISCAL SUCRE PROFIL N° E 127
 Altitude: 20 ou 30 m DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Température moy. 24°8 - moy. max. 30°8 - moy. Min. 20°8
 Pluviométrie: 345-423-342-237-70-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm Insolation : 1000 H
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 • 102 Jrs
 Modelé local: plat

Drainage externe: très lent -
 Végétation et cultures: Cacaoyers de 10 ans sans engrais - quelques bananes intercalaires - grande région cacaoyère -
 Lieu et paysage: 1 Km après MARISCAL Sucre - vers la Sierra - à 200 m du Rio Milagro au Nord

Après 4 mois de sécheresse

- 0 - 50 Limoneux - légèrement argileux avec sable fin - structure polyédrique - très forte porosité - macropores de 1 mm - petits pores et quelques fentes - séparation des éléments à faces subangulaires - un peu dur sec, mais friable humide - coloration uniforme 10 YR 3/3 humide - un peu plus clair sec -
- 50-65 Limon jaune clair - très fin - 10 YR 6/3 - structure continue - angulaire - quelques légères taches jaune ocre diffuses - encore perméable -
- 65 - 150 Alternance de bandes et poches de sables grossiers de 0,5 à 1 mm - sables noirs - quartz nus - minéraux divers et limons - bandes parfois minces - surtout sableux - sable de rivière volcanique
- 150-160 Paraît limoneux - beige grisâtre - nombreuses racines jusqu'à 65 cms - quelques unes dans les sables -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ya.Or. x172 l	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50 50-200					
a	0 - 30		48.	36.	16.		2.63		153	
b	100		4	2.	94.					
No	Bases échangeables mé.p.100				g. sol S	T	V %	P ₂ O ₅ mg%		pH / eau
	Ca	Kg	K	Na				truog	bray	
a	18.3	9.7	0.88	0.12	29	34	85.3	40	1.8	6.3
b			0.08						0	
No										

Type de sol: Alluvions limoneuses - perméables -

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - CHILCALES PROPIL N° E I29
 Altitude: DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions -
 Température moy. 24°7 - moy. max. 30°3 - moy. Min. 20°8 -
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs Insolation : 1000 H
 Modelé local: plat

Drainage externe: très lent
 Végétation et cultures: Cacaoyers - défriché il y a 14 ans - puis planté en Gros Michel à la suite du Panama - planté en cacaoyer en 1960 - cacaoyers en bon état -
 Lieu et paysage: Km 68 de Guayaquil - route de Chilcales - à 6 Km avant Chilcales - Hacienda SAN ANTONIO - à gauche à 500 m de la rivière de Chilcales et 100 m de la route - Région de cacaoyers et de pâturages jadis plantée en Gros Michel, puis abandonnée - tout est très plat - alluvions -
 A 20 ou 30 Km du début de la Cordillère des Andes -

Tapis de feuilles et de débris organiques sur 1/2 cms -

- 0 - 30 Limoneux - très légèrement argileux avec sable très fin - humifère - structure polyédrique - un peu sec en surface - avec faces subangulaires - s'émiette facilement en petits agrégats - quelques petits pores et nombreuses cavités - petites fentes, etc... brun foncé IO YR 3/2 à 3/3 - nombreuses racines de cacaoyers 4
- 30 - 60 limoneux et sable très fin - structure continue - très friable - très nombreux pore très petits et moyens - léger - doux - assez nombreux petits micas - beige - 2,5 Y 5/4 - tendance un peu grisâtre - très perméable -
- 60 - 100 Limon et sable fin - structure continue - très friable - doux - très nombreux pores très petits et moyens 0,5 à 1 mm - assez frais - coloration plus jaune IO YR 5/6 avec taches brunes très diffuses IO YR 5/3 - faces anguleuses surtout pour quelques noyaux - très peu stable -
- 100 - 130 Idem - légères taches rouilles et brunes - perméable - racines jusqu'à 120 et souvent abondantes - bien réparties sur tout le profil -
 Le sol ne semble pas inondé -

N.B. - Bien qu'il n'ait pas plu depuis Juin, sauf brouillards, la fine bruine du garna matinal Le sol est frais, sauf sur les 20 premières cms plus secs - l'eau ressort à 3 m - Dans une tranchée de la route - à 203 m quelques galets et graviers roulés en profondeur -

Echantillon NO	Profondeur cms	Horizon	Argile		Limon		Sables %		200-2000	Ya.Or. $\times 172 \text{ Z}$	C %	N mg %	C/N
			%	%	%	%							
a	0 - 30		26.		48.		26.		2.94			171	
b	40 - 60		12.		66.		22.		0.98			57	
c	100 - 120								0.98			57	
No	Bases échangeables mé.p.100				g sol	T	V %	P ₂ O ₅ mg %		pH y eau			
	Ca	Kg	K	Na				trug	bray				
a	19.8	10.1	0.49	0.12	30.5	33	92.4	18	0.3	6.5			
b	14.2	7.7	0.14	0.12	22.2	24	92.5	36	0.24	-6.8			
c	20.8	12.5	0.14	0.14	33.6	36	93.3	14		-6.7			
No	eau				utile								
	2.5	3	4.2										
a	37.	34.3	15.5	21.5									
b	34.2	28.1	10.8	23.6									
c	44.5	42.5	18.4	26.0									

Type de sol:

PAÏS: EQUATEUR
 Altitude: 10 m
 Roche Mère: Alluvions

RÉGION: MILAGRO - NARANJAL

PROFIL N° E 131
 DATE: AOUT 1966

Pluviométrie: 10 ans - 193-241-252-172-34-4 = 1-0-0-1-0-23 = 922 mm

Modelé local: plat

Drainage externes: très lent
 Végétation et cultures: Bananeraies -

Lieu et paysage: Hacienda Los ALAMOS - bananes probablement depuis 10 ans - autrefois canne à sucre et riz -

On utilise l'urée et l'engrais complet - toutes les 10 semaines - 100 Kg /Ha d'urée sur 600 plants /Ha - puis un peu d'engrais complet - 850 Ha en production -
 Déjà 200 Ha de lavendish - beaucoup de Panama - les sols seraient homogènes - légers - les parties argileuses sont en pâturages naturels ou de pangala irrigués -
 Environ 1,5 régimes/jour - 1 Caisse de 22 Kg (régimes de 30 à 35 Kgs)

- 0 - 10 Limoneux un peu argileux - beige brun foncé - 10 YR 3/2 - très forte macroporosité et cavités - faces anguleuses - vers - a'émiette bien - frais - doit être assez dur sec -
 - 10 - 60 Limoneux - structure continue à tendance polyédrique - nombreux petits pores et quelques moyens - friable - brunâtre 10 YR 4/3 - friable - un peu d'argile - quelques taches grisâtres et rouilles à partir de 40 -
 - 60 - 130 Sable fin très micacé - beige 10 YR 5/2 et quelques taches rouilles diffuses - teinte d'ensemble jaunâtre alternant avec du limon fin de même couleur - très léger et très poreux -
- Sol bien perméable - uniforme sur toute la plantation (fonds de drainage)
 racines bien réparties - pas de feutrage en surface -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori zon		Argile Limon Sables %			200-			Ka. Or. x172 z	C R %	N mg %	C/N
				%	%	PO-50	50-200	2000					
a	0 - 20		BSA	43	40.3	5.3	1.7	0.2		0.52		30	
b	20 - 60		QUITO	56		38.		6.				83	
c	100 - 120		BSA QUITO	24.3 38	50.8	14.4	4.7	8.	0.3	1.43		22	
No	Bases Ca	échangeables Mg	mé.p.100 K	Na	g.sol S	T	V %			P ₂ O ₅ truog	mg ⁶ bray		pH / eau
a	21.1	11.3	0.24	0.12	32.8	38	86.3			61	3.4		6.9
b	16.6	7.5	0.34	0.12	24.6	25	91.4			33	3.4		6.8
c	11.	3.1	0.08	0.12	14.3	16.	89.4			24			6.9
N°	p ^p			eau									
	2.5	3	4.2	utile									
a													
b													
c	34.2	24.7	8.3	26.0									

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR

REGION: NARANJAL

PROFIL N° E I37

Altitude:

DATE: AOUT 1966

Roche Mère: Alluvions

Pluviométrie: (TENGUEL) 24 ans - 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: Bananes cavendish avec cacaoyers encore jeunes en intercalaire - irrigué -

Lieu et paysage: Hacienda SECADAL - au Nord de Naranjal - environ 10 Km - entre deux rivières

- 0 - 20 Limoneux - un peu argileux - un peu dur sec - forte macroporosité et cavités - vers de terre nombreux - se brise assez bien en blocs anguleux - peu dur - humide brun foncé - 2,5 Y 4/4 mais plus foncé sur 4 cms - feutrage de racines en surface -
- 20 - 120 Limoneux - un peu argileux - nombreux petits pores - structure continue - blocs angulaires peu stables - coloration beige jaune 2,5 Y 5/4 - quelques taches rouilles - plus prononcées en profondeur - teinte du sol passant à 5 Y 5/4 - nombreux petits pores -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- -zon	Argile Limon Sables %					200 2000	Ka. Or x172 %	C R %	N mg %	C/N
			%	%	20-50	50-200						
a	0 - 20		bsa 38.	39.3	7.4	3.9	5.	4.47		260		
b	40 - 60		Quito 48	32	10.7	5.4	2.	1.5		87		
c	80 - 120		48	44	8.	2.0	5.0	0.77		45		
			16.	54.	24.							
N°	Bases échangeables mé.p.100				g.sol.	T	V %		P ₂₀₅ mg %	mg % bray	pH / eau	
	Ca	Kg	K	Na	S							
a	25.3	8.7	0.69	0.12	34.8	35	94.4		7.8	1.06	6.8	
b	16.1	7.3	0.17	0.14	23.7	25	94.8		5.9	0.31	6.9	
c	12.4	6.0	0.06	0.23	18.7	20	93.5		11.4		7.0	
N°												

Type de sol: Sol alluvial limone-argileux - transition vers les sols argileux de AZTRA

PAYS: EQUATEUR
 Altitude:
 Roche Mère:

REGION: TENGUELE

PROFIL N° E 142
 DATE: AOUT 1966

Pluviométrie: 271-344-264-119-81-51 = 56-30-48-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: jeune bananeraie location -

Lieu et paysage: Hacienda TENGUELE - Exploitation United Fruit Co - abandonnée par suite du Panama - un peu au Sud du village - 1 Km environ - Vaste zone plate actuellement en pâturages d'herbes de Guinée - Station expérimentale délevage de l'Institut de La Réforme Agraire d'Equateur -

0 - 10 Limoneux - peut être légèrement argileux - très poreux avec cavités - remué par les vers - structure à tendance polyédrique subangulaire - s'émiette bien frais - en petits blocs et agrégats - nombreuses racines en surface - Brun foncé 10 YR 4/2 - sur 5 cms gris un peu plus clair -

10 - 40 Limoneux - structure continue - bien friable - forte porosité - pores petits et moyens - coloration beige jaune 10 YR 4/4 avec très légères taches rougeâtres faces légèrement angulaires -

40 - 130 Limoneux à sable fin et sable fin - beige 2,5 Y 5/4 - avec taches rougeâtres diffuses - sable fin avec rares micas - quelques taches rouges nettes, mais surtout vers 100-130 - on aperçoit des petites concrétions ferrugineuses déjà durcies autour des petits trous d'anciennes racines de 0,5 mm - soit des petits tubes de 2 à 3 mm de diamètre, soit des petites concrétions arrondies ou en forme de poires autour du trou central - coloration rouge ou rouge grenat - 5 R 4/2 - déjà dès 60 cms - très humide - niveau sans doute engorgé à certains moments - variations eau de la nappe - non irrigué et pourtant très frais en profondeur -

Avant TENGUELE 141 - limoneux - un peu argileux - sur sable fin puis plus grossier parfois roux avec quelques strates de limon - Talus récent de 1m,30

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Argile Limon Sables %					Ka. Or x172 g	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50	50-200	200-2000				
a	0 - 10		30,5	30,5	17,4	5,2	5	5,07		295	
b	40 - 60		34		46		20	0,91		53	
c	80 - 100		10	18,7	26,8	38,1	1,5	0,62		36	
			20		32		48				
N°	Bases échangeables mé.p.100				C. sol	T	V %	P ₂ O ₅ Truog		pH / eau	
	Ca	Kg	K	Na	g	6fois					
a	23.1	8.8	0.14	0.17	32.2	33	97.6		2.3	7.1	
b	13.7	4.7	0.03	0.12	18.6	20	93		0.8	7.3	
c	13.4	5.1	0.03	0.19	18.7	20	93.5		2.7	7.4	
N°											

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR

REGION: TENGUEL

PROFIL N°E I44

Altitude:

DATE: AOUT 1966

Roche Mère:

Pluviométrie: 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: Bananes Valérie - jeune plantation après gros Michel

Lieu et paysage: Hacienda MARIA TERESA - Sud Tenguel - Vaste zone - plate - alluviale

- 0 - 20 Limoneux - un peu argileux - brun foncé IO YR 2/1 - forte macroporosité et quelques cavités dues aux vers - s'émiette bien - en agrégats et blocs à faces subangulaires - peu durs - plus noirs sur 4 à 5 cms en surface -
- 20 - 40 Limoneux - beige jaune - structure continue - peu stable - doux - quelques pores - avec sable fin - légères taches - s'émiette aisément -
- 40 - 100 Transition nette - sable très fin - beige jaune - IO YR 6/8 - avec quelques taches diffuses - taches rougeâtres rouilles, parfois blanchâtres - ensemble beige jaune 2,5 Y - structure particulière - poreux - pores moyens - taches très diffuses - quelques racines -

Profil voisin de I41 - Hacienda Tenguel

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ya.Or. x172 l	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50 50-200					
a	0 - 20		40	38.	22.	5.4		314		
b	20 - 40		28.	44.	28.	0.96		56		
c	70									
No	Bases échangeables Ca Mg K	me.p.100 Na	C _s sol S	T	V %	P ₂ O ₅ T _{mg}			pH V eau	
a	> 33	9.9	1.6	0.19	>44.8	50		29	7	
b	33	10.0	0.73	0.24	44.	44.	100.	11	7	
No	2.5 P ^F	4.2	eau utile							
a	48.7	46.3	29.4	19.3						
b	39.9	36.1								

Type de sol:

SOLS A SABLE FIN . Niveau sableux apparaissant à faible profondeur
sous un niveau limoneux superficiel.

Sols à drainage interne excessif

NORD : E 128 Mariscal Sucre

CENTRE: E 132 Naranjal
136 Naranjal
138 Balao Chico

SUD : 140 Hda La Merced

SOLS à SABLE GROSSIER à faible profondeur

E 134 Balao

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - Nord MARISCAL SUCRE PROFIL N° E 128
 Altitude: DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Température moy. 24°7 - moy. max. 30°3 - moy. min. 20°8
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-I-3-2-5-48 = 1502 mm Insolation : 1000 H
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 = 102 jrs
 Modelé local: plat

Drainage externe: très lent
 Végétation et cultures: Cacaoyers de 10 ans environ avec café et quelques bananiers très atteints par le cercospora - jamais d'engrais -
 Lieu et paysage: Hacion da VENEZZIA - 4 Km de Mariscal Sucre - au Nord - près des terres à cannes de Valdes - et environ à 4 Km du Rio Milagio - Vaste plaine avec cacaoyers et canne à sucre -

- 0 - 30 Limoneux - légèrement argileux - très légèrement adhésif - humide - assez dur à l'état sec - structure polyédrique - subangulaire - forte porosité - pores petits et moyens - quelques cavités - souvent plus beige jaune à partir de 20 - limite irrégulière -
- 30 - 60 Sable fin - structure continue beige jaune - 2,5 Y 4,5/4 - structure continue - peu de grains nus - pas de quartz visibles -
- 60 - 130 Limono-sableux - sable très fin - beige jaune - 2,5 Y 4,5/4 - taches très légères et très diffuses - forte macroporosité - un peu malléable entre les doigts - s'émiette très aisément -
 Niveau très frais depuis 60 bien qu'il n'ait pas plu depuis 4 ans -
 Racines bien réparties jusqu'à 60, pas de feutrage en surface -

Echantillon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon			Sables %			Ka. Or. x172 %	C %	N mg %	C/N
			%	%	20-50	50-200	200- 2000					
a	0 - 30		39.	49.			12.	3.73		217		
b	40 - 60		8.	50.			42.	1.07		62		
c	100 - 120							0.77		45		
No	Bases échangeables mé.p.100				g.sol S	T	V %	P ₂ O ₅ mg %		pH / eau		
	Ca	Kg	K	Na				truog	bray			
a	15.9	6.9	1.7	0.05	24.6	30	82	21	1.14	6.5		
b	8.8	3.4	1.2	0.02	13.4	17	78.8	22	0.6	6.7		
c	13.3	5.4	0.18	0.12	19.0	20	95.	35		7.2		
No	eau utile											
	2.5	3	4.2									
a	38.9	36.	17.5	21.4								
b												
c	38.8	36.5	8.3	30.5								

Type de sol: Alluvions limono-sableuses -

PAYS: EQUATEUR

REGION: MILACRO - NARANJAL

PROFIL N° E 132

Altitude: 10 m

DATE: AOÛT 1966

Roche Mère: Alluvions -

Pluviométrie: 10 ans - 193-241-252-172-34-4 = 1-0-0-1-0-23 = 922 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: Cacaoyers sous ombrage d'Erythrina - région plate et uniforme -

Lieu et paysage: Vers Naranjal -

Sol voisin mais très sableux dès 20 cms - sable fin et un peu grossier 0,2 m micacé - beige jaune - très peu rouille -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ka.Ox x172 l	C %	N mg %	C/N
			%	%	20-50 50-200					
a	0 - 20		26.	35.	42.		3.1		180	
N°	Bases échangeables mé.p.100				g. sol	T	V %	P ₂ O ₅ Truog	mg bray	pH / eau
a	Ca	K _e	K	Na	S					
	12.2	5.1	0.18	0.10	17.6	24	73.3	15	0.65	6.3
N°										

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR REGION: NAHANJAL PROFIL N° E 136
 Altitude: DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions
 Température moy. 24°7 - moy. max. 30° - moy. min. 20°8
 Pluviométrie: MILAGRO - 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs Insolation : 1000 H
 Modelé local: plat

Drainage externe: très lent
 Végétation et cultures: Vieilles bananeries de grès Michel abandonnées - jeunes cacaoyers -
 tabac à proximité -
 Lieu et paysage: Hacienda Gladys Marie - Sector Estero Claro - un peu au Sud de la route
 de Chilcales - 9 Km après Balao Los Apos - vers la Sierra -

0 - 50 Sable fin - beige

50 - 100 Limon

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon			Sables %		200- 2000	Ka.Ox. x172 L	C g %	N mg %	C/N
			%	%	%	20-50	50-200					
a			10.	52.	38.							
b			18.	78.	12.							
No	Bases échangeables mé.p.100				g. sol S	T	V %	P205 bray	pH / eau			
	Ca	Mg	K	Na								
a			0.11					0.26				
b			0.11					0.22				
No												

Type de sol:

PAIS: GUADELOUPE
 Altitude: 10 ou 20 m
 Roche Mères: Alluvions

REGION: NARANJAL - TENQUEL

PROFIL N° E 136

DATE: AOUT 1966

Pluviométrie: TENQUEL - 24 ans - 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: bananeraie de 3 ans de Locatan - après gros Michel - abandonnée par suite du Panama - engrais - belle végétation - irriguée -

Lieu et paysage: Hacienda Balao chico - Sud NARANJAL -

- 0 - 5 Limono-sableux - brun foncé 10 YR 3/1 - bien humifère - presque noir en surface
- 5 - 20 Sableux - fin - un peu limoneux - avec nombreux micas - brun 10 YR 4/4 -
- 20 - 70 Sable fin beige jaune - 2,5 Y 5/4 - avec nombreux micas dorés - quelques uns de 1 mm semble du sable volcanique ? frais -
- 70 - 120 Sable grossier granitique - quartz blancs nus et nombreux micas dorés - quelques uns de 2 mm - sable de 0,2 à 0,5 mm - quelques petits minéraux noirs - quelques passages de sables plus fins -

Profil voisin de E 134, mais sable fin en surface et moins grossier en profondeur -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile			Sables %			200- 2000	Ka. Or. x172 l	C g %	N mg %	C/N
			%	%	%	20-50	50-200						
a	0 - 15		14.	38.	48.				6.19		360		
b	30 - 60		6	38.	56.				0.86		50		
c	80 - 100												
N°	Bases échangeables mé.p.100				g. sol S	T	V %		P ₂ O ₅ Truog			pH / eau	
	Ca	Mg	K	Na									
a	20.5	4.1	0.42	0.07	25.7	28	96.5		46			7	
b	7.7	0.8	0.37	0.07	8.3	11	75.5		19			7.2	
N°	pF				eau								
	2.5	3	4.2	utile									
a	29.1	28.0	12.2	17.0									
b	16.1	14.6	5.1	11.0									

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR
 Altitude:
 Roche Mère: Alluvions

REGION: NAJANJAL - TENGUEL

PROFIL N° E 140
 DATE: AOUT 1966

Pluviométrie: TENGUEL - 24 ans - 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: vieux cacaoyers de 100 ans -

Lieu et paysage: Hacienda La MERCED - à 6 km de Balao - vaste région plate en cacaoyers et quelques bananes -

- 0 - 15 Limoneux - très légèrement argileux - brun foncé - 10 YR 3/2 - bien humifère - très forte macroporosité et cavités dues aux vers - s'effrite en blocs subangulaires - M.O. due aux cacaoyers - beaucoup de racines petites et grosses -
- 15 - 80 Sable très fin - un peu limoneux avec quelques petits micas - beige - un peu jaune - 2,5 Y 6/4 - structure continue - friable -
- 80 - 130 Sable fin - sans limon - avec quelques micas dorés de 1/2 mm - s'éboule dans le trou - particulière - sec -

N.B. - Humide sur 15 cms - sec en profondeur - bruine garna très importante en cette saison - véritable petite pluie fine jusqu'à 11 H du matin

Echantil- -lon N°	Profond- -sur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ka. Or. x172 2	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50 50-200					
a	0 - 15		22.	50.	28.		5.11		297	
b	40 - 60		4	68.	28.		0.46		27	
No	Bases échangeables mé.p.100				g sol	T	V %	P ₂ O ₅ Truog	pH / eau	
	Ca	Mg	K	Na	g S					
a	23.2	3.3	1.16	0.10	27.8	31	89.7	10		
b	6.4	0.92	0.69	0.02	8.0	12	66.7	10		
No	eau utile									
	pH									
a	2.5	3	4.2	25.0						
b	41	37.9	15.8	4.6						

Type de sols:

PAYS: EQUATEUR
 Altitude: 10 à 20 m
 Roche Mères: Alluvions

REGION: NARANJAL - BALAO

PROFIL N° E 134
 DATE: AOUT 1966

Pluviométrie: (TENCUEL) 24 ans - 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-47 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: bananeraies gros Michel sur défriche de forêt de 3 ans environ - mauvais état - cercospora et végétation médiocre - plants de cacaoyers de 1 an en intercalaire entre deux rivières - à au moins 4 Km des rivières -
 Lieu et paysage:

7 Km au Sud de Naranjal vers Balao - vaste zone plate homogène souvent en forêt -

- 0 - 30 Limono-sableux - sable fin - pas de sable grossier - un peu argileux - brun foncé - structure continue à tendance polyédrique - faces subangulaires - assez nombreux petits pores - nombreuses racines en surface - s'émiette bien - I/2 frais - quelques micas brillants en surface -
- 30 - 40 Sable grossier plus abondants -
- 40 - 130 Sable grossier de 0,5 mm - beige clair ou beige jaune avec quelques taches un peu rouille - quartz et micas très nombreux - très dorés - parfois de plus de 1 mm (2 à 3 cm) - quelques quartz nus - frais - uniforme - sable granitique -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon			Sables %			P.A. Or. C x172 g	K %	N mg %	C/N
			%	%	%	20-50	50-200	200-2000				
a	0-30		24.	26.	50.			3.25		189		
b	50		2.	8.	90.			0.40		23		
N°	Bases échangeables mé.p.100				C. sol	T	V %	P ₂ O ₅ mg %		pH / eau		
	Ca	Kp	K	Na	S			Truog	bray			
a	12.7	2.8	0.49	0.14	16.1	23	70	6	0.75	6.8		
b	1.4	0.46	0.18	0.02	2.1	6	35	6	0.72	6.8		
N°												

SOLS LIMONO ARGILEUX UNIFORME sur tout le profil
Terrasses plus anciennes ?

E 135

PAYS: EQUATEUR REGION: NARANJAL PROFIL N° 135
 Altitude: DATE: AOÛT 1966
 Roche Mère: Alluvions -
 Température moy. 24.7 - Moy. max. 30.0 - moy. min. 20.8
 Pluviométrie: MILAGRO - 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm Insolation 1000 H
 19 21 17 15 7 4 = 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs
 Modelé local: plat

Drainage externe: très lent
 Végétation et cultures: Zones de broussaille secondaire - plutôt sèche - non irriguée -
 défrichement pour la canne à proximité - anciennes bananeraies aujourd'hui disparues - Panama
 Lieu et paysage: A 13 Km au Nord de l'entrée de Hda Los Alamos - et à une distance de Km
 du carrefour de Cuenca - Probablement future plantation de canne AZTRA -

- 0 - 4 Limono-argileux (ou argilo-limoneux) très sec - dur - très foncé sur 4 à 5 cms avec beaucoup de racines -
- 4 - 60 Limono-argileux très sec - dur à creuser - assez adhésif quand on le mouille au début - brun 10 YR 5/4 - humide - un peu plus clair sec - structure continue à faces angulaires peu nettes - assez nombreux petits pores - petits sables grossiers beige - revêtements brunâtres sur les faces car, écrasé, le sol est nettement plus clair -
- 60 - 100 Idem mais avec taches brunes assez foncées manganiques - 7,5 YR 3/3 à 3/2 et parties presque blanches plus limoneuses - très petits pores assez abondants - quelques sables grossiers - toujours très dur sec - horizon probablement déjà un peu hydromorphe -

N.B. - Le profil paraît semblable à celui que l'on observe dans les canaux d'irrigation de la Cie AZTRA - sur 2 ou 3 m d'épaisseur très dur et très sec avec en profondeur des lits de galets roulés -

Echantil- lon N°	Profond- eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %				200- 2000	Ma.O.r. x172 g	C %	N %	C/N
			%	%	20-50	50-200					
a	0 - 20		19.2	30.5	10.7	13.2	21.0	2.53		147	
b	40 - 60		32.	25.		42.		0.86		50	
c	80		24.5	28.8	8.6	14.1	20.2	0.67		39	

N°	Bases échangeables mé.p.100				C. sol S	T	V %	P ₂ O ₅ mg%		pH / eau
	Ca	K ₂ O	K	Na				Truog	bray	
a	12.2	2.6	0.34	0.05	15.2	20	78	8.	0.6	6.9
b	4.9	6.2	0.08	0.05	11.2	18	62.2	0.8	0.12	6.
c	4.3	6.1	0.08	0.12	10.6	17	62.4	0.8		5.7

Type de sol:

SOLS A NIVEAU ARGILEUX FONCE ENFOUI à moins de 1 metre de profondeur
Généralement Sols peu perméables - Niveau argileux d'une certaine épaisseur

NORD : E120 Vanillo
E130 Manual J.CALLE

SUD : E139 Tenguel

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - VANILLO PROFIL N° E L20
 Altitude: 10 m DATE: AOUT 1966

Roche Mère: Alluvions et cendres
 Températ. moy. 24.97 - moy. max. 30.2 - moy. min. 20.28
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-1-2-5-48 = 1502 mm Insoleation: 1000 H
 19 21 17 15 7 4 = 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs

Modelé local: plat -

Drainage externe: lent - à 50 m de la rivière qui inonde à certains mois Rio CULEBRA
 Végétation et cultures: jeunes bananes lavendiah après friche et rivière - pâturages -
 jamais d'engrais avant les bananes - a reçu 100 g d'Urée, pas de potasse, ni de phosphore
 Lieu et paysage: Estacion IPELA Vanillo - Sud Milagro - derrière l'habitation - près de
 la rivière -

- I) 0 - 30 Limoneux avec sable très fin - avec rares micas - éléments altérables -
 2,5 Y 4/4 - structure continue - à tendance légèrement angulaire - beaucoup
 de petits pores et quelques pores moyens de 0,5 mm - bien perméable - très
 friable - beaucoup de racines -
 Plus foncé sur 0 - 5 cms
- 30 - 70 Limono-sableux - sable très fin - très légèrement malléable - structure identique
 beaucoup de petits pores et quelques pores moyens -
 couleur beige grisâtre - 2,5 Y 5/2 avec des taches brunes 10 YR 4/4 et parfois
 un peu rouille, indiquant un début d'hydromorphie temporaire - perméable -
 encore quelques racines -
- II) 70 - 80 Transition brutale - argileux - assez compact - un peu adhésif - gris beige avec
 taches jaunes et ocres - structure continue - très angulaire avec des taches noires
 le long des racines - niveau à hydromorphie temporaire -
- III) 80 - 110 Argileux - noir 10 YR 3/1 - plastique - un peu adhésif - structure continue -
 angulaire mais moins que dans 70 - 80 - faces luisantes - peu de pores -
- 110-150 Argileux - avec des taches grises 10 YR 5/1 - et brunâtres ocre 10 YR 4/4 -
 structure continue à faces angulaires - très peu de pores - peu perméable -
 un peu adhésif -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile		Limon		Sables		200- 2000	Na.Ox x172	C g %	N mg %	C/N
			%	%	%	%	20-50	50-200					
a	0 - 30		21.3	18.2	17.8	34.	1.9	2.15			125		
b	30 - 60		17.8	18.5	22.0	34.9	1.6	0.84			49		
c	80 - 110							1.06			62		
d	120 - 150												
N°	Bases échangeables mé.p.100			C _s sol	T	V %	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	pH				
	Ca	K _c	K							Na	S	17488	1847
a	17.4	7.0	0.27	0.14	24.8	26	95.4	12	5.9				
b	14.4	8.0	0.17	0.19	22.7	24	94.6	13	6.1				
c	14.9	12.4	0.10	2.1	29.5	30	98.3	22	6.3				
N°	eau utile												
	2.5	3	4.2										
A													
b													
c	36	34	22.6	13.4									

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR

REGION: MANUEL - J. CALLE

PROFIL N° E I30

Altitude: 20 ou 30 m

DATE: AOUT 1966

Roche Mère: Alluvions et cendres

Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm
19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs

Insolation: 1000 H

Modelé local: plat

Drainage externes: très lent

Végétation et cultures: vieille bananeraie de gros Michel très écartée (200 pieds/ha) avec cacaoyers de 3 ans en intercalaire - Région bananière ravagée par le Panama -

Lieu et paysage: 3 Km après Manuel J. Calle - vers Maranjel et à 3 Km de la rivière Bulubulu grande région alluviale - plate - uniforme -

- 0 - 15 Argilo-limoneux - brun foncé - un peu sec et dur - structure en blocs - à faces subangulaires avec quelques petits pores - quelques fentes - humide - assez adhésif - feutrage de racines en surface -
- 15 - 40 Limon sableux à sable très fin - beige et jaune; 2,5 Y 6/2 - 2,5 Y 7/4 - structure continue - très forte porosité, petits pores et pores moyens de 0,5 mm - racines encore abondantes - très doux au toucher - sable très très fin - structure très peu stable - tendance angulaire parfois finie - quelques taches ocres - peu nombreuses -
- Limite brutale -
- 40 - 120 Argilo-limoneux - gris foncé - 7,5 YR 4/0 gris métallique - assez compact - un peu adhésif - humide - structure polyédrique à prismatique très angulaire - quelques fentes de retrait - quelques taches ocre-rouille surtout le long des racines - porosité assez importante: 0,5 à 1 mm et déjà nombreuses fissures de 0,2 à 0,5 mm, jusqu'à 1 mm et cavités anormales; travail des vers ou animaux et retrait de l'argile pourtant encore assez fraîche - montmorillonite certainement permettant une aération du sol - plus en profondeur, filaments rouilles et rouges plus abondants le long des pores et des radicelles - quelques racines de bananes dans l'argile -

Echantil- lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ka.O.r. x172 l	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50					
a	0 - 15		60.	22.	18.		3.47		202	
b	20 - 40		16.	64.	20.		1.01		59	
c	50 - 70						1.55		90	
N°	Bases échangeables mé.p.100				C.sol g S	T	V %	P ₂ O ₅ mg %		pH / eau
	Ca	Kg	K	Na				Truog	bray	
a	29.7	12.9	0.29	0.12	43	45	95.6	28	0.66	6.5
b	16.8	9.7	0.08	0.12	26.7	28	95.4	40	0.43	6.9
c	22.7	12.2	0.14	0.24	35.3	37	95.4	19		6.8
N°										

Type de sol: Alluvions avec niveaux argileux peu profonds - peu propice pour la banane -

PAYS: EQUATEUR
 Altitude:
 Roche Mère:

REGION: NARANJAL - TENGUEL

PROFIL N° E 139
 DATE: AOUT 1966

Pluviométrie: 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: Vaste zone plate souvent encore en forêt entre Balao chico et cet endroit avec des sols paraissant argileux - beige jaune -

Lieu et paysage: Hacienda SANTA RITA - Propriété de Sr MOLINA - Entre Balao Chico et Balao - bananes location après cacaoyers -

- 0 - 5 Limoneux - à peine argileux - beige - très foncé - noir en surface - sur I ou 2 cms un peu dur sec - assez poreux - s'émiette bien frais -
- 5 - 30 Limoneux - finement sableux - beige jaune 2,5 I 6/6 - avec nombreux pores - s'émiette bien - structure continue - avec des passages de sable fin - limon très doux parfois - un peu blanchâtre ou grisâtre - en profondeur quelques taches diffuses - assez nombreux petits micrs dorés -
- 90 - 120 Transition brutale - argile grise foncée - compacte - 10 IR 4/I - structure angulaire continue - nombreux pores petits et moyens - assez riche en limon ou sable fin - quelques taches rougeâtres -
 Sol assez sec qui va être irrigué -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %				200- 2000	Ya.O.r. x172 z	C R %	N mg %	C/N
			%	%	20-50	50-200					
a	0 - 10		18.	23.	14.1	24.7	11.	4.16		242	
b	40 - 60		24	40.		36.	0.95				55
c	100 - 120		10.7 14	30.5 60	34.	21.2 26					
			27.3	35.5	19.5	8.9	5.4	1.63		95	
N°	Bases Ca	échangeables Mg	mé.p.100 K	Na	C.sol S	T	V %	P205 mg/100g	mg/100g bray	pH eau	
a	17.6	6.	1.04	0.12	24.7	25	98.8	25			
b	10.2	3.5	0.49	0.10	14.3	16.5	86.7	11			
c	12.2	4.5	0.13	0.31	17.2	20.	85.5	6			
N°											

Type de sol:

LES SOLS à NIVEAU ARGILEUX FONCE EN LENTILLES PEU EPAISSES
(10 à 20cm)SITUEES à MOINS DE 1 METRE DE PROFONDEUR

NORD E 125 Hda PAYO Vahillo
E 87 Milagro
CENTRE E 133 Naranjal

PAYS: EQUATEUR REGION: MILLAGEO - VANILLO PROFIL N° E 125
 Altitude: 10 à 20 m DATE: AOUT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Températ. moy. 24°7 - moy. max. 30° - moy. min. 20°8 -
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm Insolation: 1000 H
 19 21 17 15 7 4 = 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs
 Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: champs de coton sec à la récolte (2 F) - après bananes ravagées par le Panama il y a trois ans -

Lieu et paysage: Km 38 route Duran à M.J. Calle - Hacienda PAYO - entre les deux rivières - Rio Bulubulu et Rio Paye - à 200 m de distance chacun environ - après 4 mois de saison sèche sans irrigation -

- 0 - 30 Horizon labouré - jaunes et brun foncé - sec - limono-argileux - 10 YR 3/3 - structure perturbée par le labour - sec - quelques petites fissures - assez dur - quand sec sur 20 cms - s'effrite bien humide - légèrement adhésif -
- 30 - 50 Sable fin - beige jaune - structure continue - humide 10 YR 5/4 - sec - 10 YR 7/4 - friable - nombreux petits pores - quelques taches ocres diffuses -
- 50 - 60 Niveau limono-argileux - gris 10 YR 5/1 avec taches luisantes - structure polyédrique angulaire très nette - sol peu humide (coton sec) - très nombreux pores dont quelques véritables petites fentes isolant des blocs à faces angulaires - juste au-dessous de ce niveau - 2 cms gris et jaunâtre en taches bien séparées -
- 60 - 100 Limono-sableux ou sableux avec sable très fin - avec quelques micas - beige jaune avec quelques taches ocres très diffuses -
- 110 - 120 Nouveau niveau identique à celui de 50-60 vers 100-120
- 120-150 Sable très fin - beige grisâtre avec taches jaunes -

N.B. - Il ne semble pas que les niveaux limono-argileux soient un grand obstacle à la pénétration de l'eau qui est cependant certainement ralentie - horizons intermédiaires présentant peu de signes d'hydromorphie -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ka.O.r. x172 z	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50 50-200					
a	0 - 30		32.	50.	18.	2.41		140		
b	30 - 50		14.	60.	16.	0.83		48		
c	50 - 60					1.07		62		
N°	Bases échangeables Ca K ₂	échangeables K ₂	mé.p.100 Na	C. sol S	T	V %	P ₂ O ₅ mg/500	mg bray	pH / eau	
a	18.5	10.7	1.54	0.05	30.8	32	96.3	43	1.7	6.5
b	13.8	9.	0.45	0.10	23.3	25	93.2	25	0.55	6.6
c	16.4	12.4	0.14	0.82	29.8	32	93.1	3.3		6.0
N°										

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO PROFIL N° 87
 Altitude: Inférieure à 50 m. DATE: Déc. 1963
 Roche Mère: Alluvions issues de cendres volcaniques et dépôts aériens.

Pluviométrie: 33 ans - 332-465-397-288-84-12 - 6-1-3-5-7-62 - 1712 mm

Modèle local: plat

Drainage externe: lent

Végétation et cultures: Cacaoyers et bananes

Lieu et paysage: Zone plate, bien verdoyante de MILAGRO jusqu'à 20 Km avant GUAYAQUIL où les sols paraissent plus lourds et peu cultivés, paraissent salés. A 7 Km de Guayaquil, la sécheresse apparaît brusquement. Tout est sec. Hacienda à 30 Km de Guayaquil, en venant de MILAGRO. Zone très plate - Cacaoyère avec bananes, bien plat, jamais d'engrais. Défriché depuis très longtemps.

0-20 - Argileux, un peu limoneux - sec - assez dur - très très poreux - mottes plutôt formées de petits agrégats collés - s'affrite mal dans les doigts - se mouille mal - très organique - gris en surface - sec - peu de fente.

20-30 - Noir - argileux - un peu limoneux - s'affrite très bien en réalité - mottes beige entourées de matériaux plutôt friables noirs, qui donnent cette teinte lorsque c'est affrité -

30-60 - Limon grisâtre avec points rouilles devenant beige jaune, écrasé - changement de couleur très net - 10 YR 5/2 gris avec taches rouilles et écrasé 2,5 Y 6/4 à 5/4 - Limoneux sableux - un peu argileux - très très poreux - Donc traces d'hydromorphie, déjà frais.

60-100 - Sable fin - légèrement gris - 10 YR 6/3 avec taches brunes diffusées - 5/3 mélange de 6/3 et 5/3 - Beaucoup de pores petits et aussi de pores de 1 mm - Quelques veines rouilles autour des racines.

100-140 - Sable plus grossier 1/2 mm - avec points blancs et minéraux brillants - couleur générale beige, parfois cendre presque altérée, beige à minéraux noirs.

140-200 - Limon finement sableux - un peu maléable - un peu d'hydromorphie - Nombreux picas, brillant.

200-240 - Argile gris noir - 2,5 Y 3/0 - un peu limoneux avec petites veines rouilles - plastique - pas adhérente - très humide -

Argile des rizières recouverte d'alluvions légères.

Densité apparente 50-70 = 1

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Humidité nat %	Argile %	Limon %	Sables %	Ma.Or. (x172)	C g %	N mg %	C/N
a	0-20		23				3,23		290	
b	20-30		25				4,41		330	
c	40-60		30							
N°	Bases échangeables mé.p.100			g.sol			Total		pH 1/2,5	
	Ca	Mg	K	Na	S	T	V %	mg %	mg %	eau
a	18,90	8,36	0,57	0,23	28	41	70	152	22	6,7
b	19,20	9,27	0,47	0,26	29	35	85	154	11,8	6,3
c	13,50	8,66	0,27	0,40	23	33	70			7,3
N°										

Type de sol:

PAYS: EQUATEUR

REGION: NARANJAL

PROFIL N° E 133

Altitude: 10 ou 20 m

DATE: AOUT 1966

Roche Mère: Alluvions -

Pluviométrie: (TENGUEL) 24 ans - 271-334-264-119-81-51 = 56-33-42-47-36-47 = 1400 mm

Modelé local: plat

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures: Cacaoyers - belle plantation

Lieu et paysage: A 1 km au Nord de Naranjal

- 0 - 10 Limono-argileux - brun foncé - 10 YR 3/1 - très poreux - gros pores et cavités - faces subangulaires - beaucoup de racines -
- 10 - 30 Limoneux - léger - friable - beige clair - nombreux petits pores -
- 30 - 80 Sable fin - limoneux - très clair quand sec 2,5 Y 7/2 - presque blanc - beige clair humide 2,5 Y 5/2 - avec très nombreux micas dorés de 0,5 à 1 mm
- 80 - 90 Argile noire - un peu limoneuse - transition brutale - assez poreux - 2,5 Y 2/0
- 90 - 150 Limoneux et limono-sableux - beige 2,5 Y 5/2 - très humide - malléable - sable très fin - nombreux micas -

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %			200- 2000	Ka.O.r. x172 l	C g %	N mg %	C/N
			%	%	%					
a	0 - 10		20.	44.	36.		5.73		333	
b	30 - 60		4.	38.	58.		0.55		32	
N°	Bases Ca	échangeables Mg	mé.p.100 K	Na	C _s sol	T	V %	P _{0.5} mg % Truog	bray	pH / eau
a	23.9	2.5	0.61	0.10	27.1	28 8	96.8	20 15	0.99 0.33	6.9 7.3
N°	pH		eau utile							
a	2.5	3	4.2	21.9						
b	9.1	8.3	3.4	5.7						

Type de sol:

SOLS à ARGILES FONCEES dès la surface

NORD : E 85 sols de riziere Babahayo
E 121 Vanillo

PAYS: EQUATEUR REGION: MILAGRO - VANILLO PROFIL N° E 121
 Altitude: 10 m DATE: AOÛT 1966
 Roche Mère: Alluvions et cendres
 Températ. moy. 24°7 - moy. max. 30° - moy. min. 20°8
 Pluviométrie: 345-423-342-237-78-8 = 10-1-3-2-5-48 = 1502 mm Insolation : 1000 H
 19 21 17 15 7 4 3 2 3 3 3 5 = 102 Jrs
 Modelé local: plat -

Drainage externe: lent - à 50 m de la rivière qui inonde à certains mois Rio CULEBRA
 Végétation et cultures: Jeunes bananeraies -

Lieu et paysage: Estacion IPFLA Vanillo - Sud Milagro - derrière Habitation - mais un peu plus loin de la rivière - à 200 m environ -

- 0 - 40 Argileux - un peu limoneux - gris IO YR 5/1 avec très légères taches brunes IO YR 5/4 - structure continue - faces très angulaires - s'émiette en bloc assez difficilement - quelques pores -
- 40 - 50 Argile grise avec taches beige blanches et jaunes - compact -
- 50 - 80 Argileux - brun foncé - IO YR 3/2 - structure continue à faces angulaires - quelques sables moyens - faces luisantes - un peu adhésif - légères taches brunes - et brunes plus foncées - compact - un peu adhésif -
- 80 - 150 Sableux - fin - un peu argileux - de plus en plus clair en profondeur - beige gris IO YR 4/1 - avec taches ocres jaunes IO YR 5/6 - nombreux petits pores - parfois taches rouilles - perméable -
 même profil que E 120 - mais avec un niveau argileux plus près de la surface et niveau II plus frais - En s'éloignant de la rive, le niveau I léger disparaît et le niveau II déjà argileux est plus épais, le niveau III est plus près de la surface - peu de racines après 40 cms -

Echantil- lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %				200- 2000	Fa.O.r. x172 I	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20- 50	50-200					
a	0 - 30		44	36	-	20		1.55		90	
b	50 - 80										
No	Bases échangeables mé.p.100				C.ool S	T	V %	P ₂₀₅ mg % Frug E/500	mg % bray	pH eau	
	Ca	Kg	K	Na							
a	20.9	10.3	0.21	0.29	31.7	33	96.1	11	*1.11	6.2	
No											

Type de sol: Sol à hydromorphie temporaire -

SOLS à CAILLOUTIS près de la Sierra

E 88

PAIS: EQUATEUR

REGION: Route de CUENCA

PROFIL N° 88

Roche Mère: alluvions et colluvions

DATE: déc. 63

Pluviométries: voisine de 3 m. Toujours humide.

Altitudes: 50 à 100 m.

LIEU: PAYSAGE : début de la Sierra, zone très humide, fougères arborescentes, km 82 à sols rouges anciens, volcanisme ancien, rouge à orange rouge, argilo limoneux, sols litéritiques anciens, blocs d'andésite, pas de recouvrements de cendres. La montagne tombe brutalement dans la plaine. Végétation de climat très humide.

LIEU : plat, vieille bananeraie abandonnée, vaste zone jadis très cultivée en bananes et abandonnée à la suite du Panama. Hacienda POCUIOS - I km de la route ont voit la Sierra à 3 km.

0 - 4 Humifère, beaucoup de racines, argile-limoneux, assez dur.

4-15 Encore humifère, très agrégé, facettes angulaires, très poreux micro et macropores, beige 2,5 Y 5/4 plus foncé humide 2,5 Y 3/2. Argilo limoneux.

15-20 Argilo limoneux plus clair, moins poreux mais encore nombreux pore surtout des micropores, motte sèches, dures, petits points blanchâtres.

20-50 Devient plus brun 2,5 Y 4/2 à 4/4 Nettement argilo limoneux, plus clair écrasé Structure polyédrique, assez dur, un peu anguleux.

50 Nombreux cailloux roulés:

Vers GUAYAQUIL du km 80

- On aperçoit à quelques km/les cailloux roulés sur une grande épaisseur, à partir de 80 cm.

- Plus loin, sols d'alluvions limoneux classiques issus de cendres, km 70.

- au km 50, au carrefour beaux pâturages bien plats, entourés de barbelés, herbe depara.

Belle région d'élevage. Rigoureusement plat, herbe à éléphant par endroit sur I m de Haut.

Echantillon No:	Profondeur en cms	Terre fine	Argile %	Limon %	Sables %	M.O.	C g %	N mg %	C / N
E88	a	0 - 15						240	
	b	20 - 40						180	

Echant. No:	Bases échangeables mé p.100 g				S	T	V %	P205 total mg %	P205 truog mg %	pH
	Ca	Mg	K	Na						
a	10.35	1.08	0.30	0.13	11,9	28	67	132	3,6	6.2
b									1,3	

TYPE DE SOL :

SOLS ROUGES & EVOLUTION FERRALITIQUE

E 143 Tenguel

PAYS: EQUATEUR

REGION: TENGUEL

PROFIL N° 143

Altitude:

DATE: AOUT 1966

Roche Mères: Roches volcanique

Pluviométrie: 271-344-264-119-81-51 = 56-38-42-47-36-46 = 1400 mm

Modelé local: plateau

Drainage externe: très lent

Végétation et cultures:

Lieu et paysage: Entre TENGUEL et Hacienda MARIA TERESA - Piedmont.

0 - 40 Brun jaune - argilo-sableux -

40 - 100 Limon - rouge - orange - argileux - mais friable - quelques taches rougeâtres -

Profil prélevé sur la route

Echantil- -lon N°	Profond- -eur cms	Hori- zon	Argile Limon Sables %				Ma.Or. x172	C g %	N mg %	C/N
			%	%	20-50	50-200				
a			34.	36.	30.	5.85		340		
b			50.	28.	22.	1.27		74		
No	Bases échangeables mé.p.100				g.sol	T	V %	P ₂ O ₅ mg/g	pH eau	
	Ca	Kg	K	Na	S					
a	9.8	4.3	0.11	0.07	14.3	21	68.1	1.6	6.4	
b	5.7	4.7	0.06	0.10	10.6	22	48.2	0.8	5.6	
N°										

Type de sol:

II/- / Caractericas de algunos suelos de alluvion de la /
/ zona oriental de la Provincia de Guayas - Ecuador /

Banano Ecuador, 1968, vol.1, n°1, 9-12

COLMET DAAGE F.

DIAZ F.
TAZAN F.

Publication ORSTOM-Antilles n° P 52

Document non parvenu. Pages 64, 65, 66, 67.

III/- / Caractéristiques et propriétés de quelques sols /
/..... du Nord-Est de l'Amazonie équatorienne /

ORSTOM-Antilles, 1975, 59 pp.

F.COLMET DAAGE
J.GAUTHEYROU

C.ZEBROWSKI
G.ALMEDA

Publication ORSTOM-Antilles n° P 88

CARACTERISTIQUES ET PROPRIETES DE QUELQUES SOLS
DU NORD-EST DE L'AMAZONIE EQUATORIENNE

F. COLMET-DAAGE
J. GAUTHIEROU

C. ZEBROSKY
G. ALMEDA

I - GENERALITES

I-1 - Situation - Géologie -

La zone qui a été étudiée par photo-interprétation correspond à environ 400.000 Ha, compris entre les rios Aguarico et Napo, à la latitude de 0° et 300m d'altitude.

La plus grande partie est pratiquement plane ou à peine ondulée et semble recouverte de cendres volcaniques d'âge et de textures variées. Ces cendres proviendraient de dépôts aériens ou d'apports fluviatils. Il est probable qu'à la suite de fortes éruptions, comme celles qui ont apporté tant de cendres dans la plaine Pacifique, il ya eu engorgement des rivières, élévation du niveau de base et envoi de vastes zones par les cendres, charriées ou remaniées par les eaux. Le rio Aguarico et le rio Coca descendent de la cordillère et drainent les flancs du très actif volcan ~~Revendador~~, situé sur un appendice de la chaîne andine vers l'Orient.

Certains sables noirs qui bordent les rivières sont grossiers et peu altérés; d'autres dépôts de cendres semblent avoir été plus fins et plus anciens et renferment déjà l'halloysite ou l'allophane en quantité notable. Il n'y a pas de gibbsite comme dans les formations anciennes de cendres de Puyo plus au Sud.

Les collines forment des ensembles moutonnés de faible hauteur, avec des sommets de même altitude. Les pentes sont très escarpées. Certains sommets semblent conserver des vestiges de dépôts aériens de cendres, mais la plupart des sols sont déjà très argileux, et dérivent d'épaisses couches de galets d'origine variée, plusieurs mètres, surmontant des dépôts parfaitement horizontaux d'argiles sédimentaires marines. Les terrains sédimentaires ont une épaisseur considérable et le pétrole est extrait à 3300 m de profondeur, suivant un axe Nord-Sud, entre les lignes de failles qui apparaissent avec netteté sur les photos par satellite.

I-2 - Pluviométrie -

La pluviométrie est très importante et régulièrement répartie tout au long de l'année.

On dispose de deux relevés à Limoncocha, dans le périmètre et à Putumayo plus à l'Est. Les résultats sont identiques.

Pluviométrie mensuelle en mm

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Putumayo	192	142	260	335,4	246,4	328	330	283	214	215	221	151	3014 mm
Limoncocha	253	222	240	337	331	286	234	200	219	273	275	187	3060 mm

La température est très constante tout au long de l'année, voisine de 25°, avec des minima mensuels de 19° et des maxima de 33°.

I-3 - Hydrographie -

Les petites rivières sont à peine encaissées de quelques mètres, mais les fleuves le sont assez profondément. Lors des fortes crues, comme celles qui ont arraché l'an passé les deux ponts du Coca et de l'Aguarico, les eaux atteignent le niveau supérieur des berges. La montée des eaux peut atteindre plusieurs mètres en quelques heures. Les versants proches de la cordillère d'où viennent les grands fleuves sont encore beaucoup plus arrosés, surtout dans la partie amont du Rio Napo (Tena = 6 m par an).

Beaucoup des petites rivières prennent naissance à proximité du Rio Coca qui borde, presque Nord-Sud, le périmètre étudié et se dirigent vers l'Est pour rejoindre le Rio Napo. Il est probable que le Rio Coca ou ses eaux de débordement ont erré jadis dans toute cette région plate.

I-4 - Habitat - Cultures -

Toute cette région était inhabitée (sauf par les tribus des indiens Aucas, Cofanes, Ala), il y a encore quelques années avec un manteau uniforme de forêt. Quelques villages sont implantés le long des fleuves, mais les cultures itinérantes sont très restreintes.

Les transports de matériel très lourd pour les plateformes de forages à plus de 3000 mètres et les tuyaux de pipeline, ont exigé la construction de routes empierrées qui permettent une circulation aisée le long de deux axes Nord-Sud et pour rejoindre tous les puits en exploitation.

L'Institut de la Colonisation (IERAC) plante des colons venus de diverses régions du pays, en général de la plaine chaude pacifique, le long de ces nouvelles voies de pénétration en donnant 50 Ha à chacun. La plupart de ces colons sont arrivés, il y a moins de deux ans, beaucoup depuis quelques mois seulement. Tous nous ont assuré qu'aucune des régions bordant les routes n'étaient inondées au cours de l'année. Une nappe aquifère est généralement rencontrée à 2,5 ou 4 mètres de profondeur, dans un sable grossier de cendre volcanique.

Dans ces abattis qui ne portent pas trace de feu, les colons s'adonnent aux cultures vivrières tropicales et à la banane qui est exportée vers le Nord de l'Equateur et la partie voisine de la Colombie.

2 - LES SOLS

2-1 - Les sols sableux légèrement allophaniques -

On les rencontre principalement en bordure des rivières, mais ils semblent occuper de très vastes surfaces dans l'angle formé par les rios Coca (N.S) et Napo (E.O) où le rio Coca a du, jadis, divaguer ou déborder.

Il est possible qu'on les retrouve ailleurs sur de vastes étendues dans les parties les plus planes.

Tous ces sols ont des propriétés très semblables.

L'horizon de surface, sur 15 à 20 cm est bien humifère et déjà nettement allophanique (réaction FNa) assez doux et onctueux, avec 6 à 10 % de M.O. Il est bien pourvu en bases échangeables : 9 à 10 mé %, avec un pH eau voisin de 6. La densité apparente est élevée et les teneurs en phosphore utilisable par les plantes (Truog N/500) sont très satisfaisantes (12 mg P205 %). Certains profils ont été examinés dans des abattis récents, non brûlés semble-t-il, d'autres sous forêt originelle. Les résultats ne diffèrent pas.

En profondeur, le sol est très sableux, sable moyen à grossier, beige avec de nombreux minéraux noirs, ou noir. Il y a peu ou pas d'hydromorphie et une faible réaction au fluorure de sodium.

Cette excellente perméabilité est un atout favorable dans une région de pluviométrie abondante et régulière. En contre-partie, les sols sont fragiles, susceptibles à l'érosion, même en terrain plat. Les défrichements mécanisés devront être effectués avec soin pour éviter la disparition de la couche organique qui pourra être mélangée davantage au sol sur 30 cm d'épaisseur par des labours. Par la suite, ces sols devront être très peu travaillés, grattés superficiellement et laissés le moins possible à découvert. Le souci de conservation de la matière organique sera primordial dans ces sols.

Les sols sont bien pourvus en phosphore, mais auraient besoin de potasse, et sans doute, par la suite, de magnésie. Ils peuvent convenir à toutes sortes de cultures mécanisées ou non.

Les sols sableux - Tableau I -

	Profond. cm	M.O. %	B.E. mé %	pH eau	P205 Truog mg. %
E 559 - Sud Rio Coca	0 - 15	8	9.6	6	8
	40	1.8	1.4	5.8	
E 544 - 4Km Nord Rio Coca	0 - 15	11.5	8.7	5.6	5
	15- 30	4.2	0.8	5.2	
E 545 - 8Km Nord Rio Coca	0 - 20	7.3	6.7	5.6	11
	35- 50	2.7	1.9	5.8	
E 560 - Sacha Norte	0 - 15	6.4	8	5.8	13
	40	1.8	1.8	6.0	
E 549 - Rio Eno	0 - 20	8.3	7.3	5.3	12
	20- 40	3.7	3.9	5.9	

2-2 - Les sols de transition halloysite-allophane (dystropept) et à halloysite

Les sols sont limoneux à limono-argileux, avec une tendance souvent nettement allophanique en profondeur. La présence d'argile est, nettement sensible dans le profil. Ils réagissent très peu ou pas du tout au FNa.

Ce sont des sols profonds - 2 à 3 m - généralement assez uniformes, mais avec parfois une alternance de niveaux peu épais, un peu plus sableux ou un peu plus argileux, qui reflètent la texture du matériau originel déposé. On ne remarque guère d'hydromorphie

ou peu.

Vers 3 ou 4 mètres, parfois moins, les sols reposent, soit sur des sables ou graviers aquifères, soit sur les argiles compactes des formations sédimentaires anciennes.

Ce sont de bons sols, mieux pourvus que les sols sableux en bases échangeables en valeur absolue, ayant une forte rétention pour l'eau comme beaucoup de sols à halloysite jeune, faciles à travailler, de densité apparente voisine de 0,8 à 1, parfois plus faible en profondeur dans les horizons plus allophaniques.

Bien des sols des Antilles, du Costa Rica, de la Sierra d'Equateur, qui renferment de l'halloysite 10 \AA , retiennent également de fortes quantités d'eau (jusqu'à 100%) Ils présentent certaines des propriétés des sols à allophane (sauf la réaction au FNa), mais la caractéristique minéralogique des sols à halloysite. Cette forme d'halloysite est généralement glomérulaire et aisément solubilisable. Le profil E 548 pourrait presque être classé parmi les sols à allophane.

Tableau 2 - Sols de transition allophane/halloysite *à halloysite*

	Profond. en cm	M.O %	B.E. mé %	pH eau	P205 mg %	D.A.
E 547 - Km 28 Rio Eno	0 - 20	6.7	11.4	5.6	-	1.05
	30 - 50	2.5	10.9	5.9	-	
	130-150	1.6	9.8	5.9	-	
E 561 - Shushufinde	0 - 20	7.1	9.3	5.1	2	0.8
	20 - 40	6.3	8.6	5.2		
	60 - 100	1.4	6.5	5.1		
	140-170	1.1	7.9	5.5		
allophanique E 548 - Km 24 Rio Eno	0 - 20	10.5	18.9	6.4	4	0.8
	30 - 50	3.3	8.0	5.3		
	90 - 110	2.2	5.8	5.2		0.6

est

Ce sont de bons sols susceptibles de toutes sortes de productions et moins fragiles que les sols sableux. On sera, cependant, obligé de faire quelques canaux de drainage peu profonds pour permettre un ressuyage plus rapide des horizons de surface après les pluies.

La rétention du phosphore est plus importante et les teneurs en phosphore Truog plus faibles. Il faudrait voir les teneurs en phosphore total.

2-3 - Les sols à allophane (dystrandep) -

On les rencontre en alternance avec les sols de transition allophane/halloysite ou à halloysite, sans que des règles évidentes nous soient apparues sur le terrain jusqu'ici.

Les sols sont profonds, limoneux, beige-jaune, bien onctueux, ayant toutes les caractéristiques des sols à allophane. Ils renferment plus de 100% d'eau. La densité apparente est voisine de 0,5 - 0,6. Ils réagissent fortement au FNa.

Les teneurs en bases échangeables sont notables, mais les valeurs du P205 Truog très faibles, ce qui est normal en sol vierge, vue la forte rétention des substances allophaniques. L'écart entre les pH eau et KCl qui atteignent 4 à 6 unités dans les précé-

dents sols à halloysite, est ici plus réduit et le pH KCl est parfois légèrement supérieur au pH eau (550c pH KCl = 5.6 - eau = 5.5)

Tableau - Sols à allophane -

	Profond. cm	M.O. %	B.E. mé %	pH eau	P2O5 mg %	D.A
E 550 - Schuschufindi	0 - 20	15	9.1	5.1	I	0.5
	30 - 50	6.6	3.9	5.8		
	80 - 120	3.0	3.9	5.5		0.5
E 561 - Lago Agrio vieille défriche	0 - 15	11.2	3.3	5.0	I	0.65
	25 - 40	6.7	2.3	5.5		

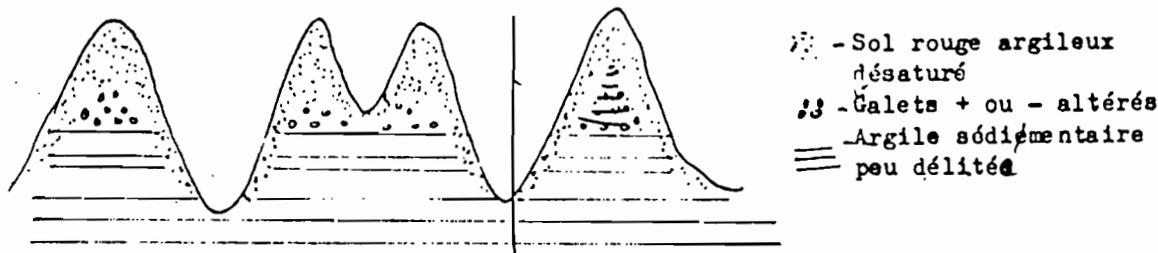
Ce sont donc de bons sols, mais qui seront un peu plus difficile à travailler mécaniquement (faible portance) que les sols à halloysite. Le bétail y fera de nombreux trous et le maintien de pâturages réguliers sera difficile. Des apports assez importants de phosphore seront nécessaires lors de la mise en valeur, pour dépasser le seuil de fixation de ces sols. Quelques canalisations rapprochées et de faible profondeur : 50 à 60 cm, seront utiles pour faciliter le ressuyage des horizons de surface.

2-4 - Les sols argileux rouges des collines - Sols ferrallitiques - *kaolinite* - *oxydation*

On peut distinguer deux sortes de modèles :

1) Des collines aux pentes très fortes, de hauteur modérée et ayant des sommets de même altitude.

Il s'agit généralement d'argiles sédimentaires marines stratifiées, bien horizontales, recouvertes de galets d'origine variées (volcanique, granitique, etc...). L'altitude est identique et régulière.



2) Des collines aux formes irrégulières avec des sommets plus élevés. La nature de la roche mère peut être plus variée et on ne la voit pas toujours.

Toutes ces formations sont beaucoup plus anciennes que les sédiments volcaniques des parties planes. Les sols sont donc beaucoup plus évolués, ferrallitisés, très argileux, rougeâtres et pratiquement complètement désaturés en bases, dans les premiers mètres.

Les galets ne sont visibles qu'à 2 ou 3 m de profondeur et certains relativement peu altérés, apparaissent vers 4 ou 5 mètres.

Sur les très fortes pentes, bien que la protection de la forêt soit très efficace, des rajeunissements par érosion peuvent se produire. Les galets peu altérés apparais-

sent à moins grande profondeur. Les argiles sédimentaires encore peu délitées et présentant encore nettement les strates horizontales, apparaissent aussi moins profondément.

Comme avec la plupart des sols argileux ferrallitiques (oxy-dystropept), la matière organique est peu visible. On observe une mince couche de 1 à 3 cm de matière organique, peu décomposée et de racines, puis aussitôt l'argile, d'abord jaunâtre sur 10 à 20 cm, puis rapidement rouge. L'analyse révèle cependant, des teneurs élevées en matière organique.

Les sols sont argileux, compacts, mais s'émiettent relativement bien, sans être pourtant des oxisols. La gibbsite n'apparaît nulle part.

Fréquemment, des marbrures blanchâtres et rouges apparaissent à 1 m de profondeur, surtout quand la couche de galets est peu épaisse ou inexistante et que les sols dérivent d'argiles sédimentaires stratifiées.

Les teneurs en bases échangeables sont très faibles ou nulles et les pH très bas, parfois inférieurs à 4 dans l'eau, presque toujours dans le KCl. Les teneurs en argile sont élevées : 60 à 80 % et probablement sous-estimées à l'analyse dans bien des cas. La densité apparente varie de 0,9 à 1.

On ne peut attribuer d'importance aux humidités indiquées, car la plupart de ces sols ont été prélevés après ou au cours de violentes averses. Il faut attendre les mesures des humidités à des pH donnés.

En profondeur, parfois dès 1,5 m, parfois plus profondément, on voit apparaître progressivement les argiles sédimentaires marines, peu délitées et stratifiées en couches successives de 1 m à 2 m de hauteur. Ces couches apparaissent de plus en plus nettement en profondeur et l'argile est plus dure.

La plupart de ces argiles, surtout au Sud du rio Napo, vers le rio Auca, sur 40 Km de distance, sont des montmorillonites, très classiques, gonflant parfaitement bien au glycérol, avec peut-être parfois un peu d'illite et de chlorite. Les teneurs en bases échangeables sont alors très importantes : 30 à 50 mé% avec généralement 8 à 10 mé de Mg. Certaines couches d'argiles présentent encore du calcaire en nodules blanchâtres, mais les niveaux supérieurs ou inférieurs peuvent ne pas en contenir. Sauf dans les niveaux calcaires des argiles montmorillonitiques en voie de dégradation kaolinique, ont de très bas pH KCl, inférieurs à 4, fait très classique en Martinique.

Toutes les argiles sédimentaires au Sud du Rio Napo, semblent être des montmorillonites analogues à celles de la Sierra, de la côte (Manabi, Guayas) et de Martinique.

Par contre, au Nord de Schuschufinda, sous des couches épaisses de galets plus ou moins altérés (6 à 7 m) on remarque une argile sédimentaire verdâtre qui serait de la kaolinite, renfermant moins de 1 mé% de bases échangeables. Cette argile a une coloration variée; s'agit-il de l'argile originelle ou déjà d'une transformation avancée en kaolinite d'anciens sédiments montmorillonitiques.

Il est donc nécessaire d'étudier la nature des argiles sédimentaires de profondeur en différents sites.

Il est possible que dans les zones où la couche de galets est peu épaisse ou inexistante, et l'érosion plus active sur les pentes, les argiles montmorillonitiques apparaissent à faible profondeur, permettant l'existence de sols favorables à bien des cultures arbustives.

Les sols seraient susceptibles d'être bien pourvus en bases échangeables, un enrichissement du sol par les remontées d'éléments minéraux de profondeur par les racines. De tels sols sont très fréquents en Martinique.

Les bas pH KCl, inférieurs à 4, entraînent, en dépit de tenours en bases échangeables élevées (30 à 50 mé %), des excès d'absorption d'alumine, de manganèse et de fer, qu'il faut corriger par des amendements.

Par contre, s'il s'agit d'argiles sédimentaires, les sols seront très lourds très argileux, infertiles, sans guère de possibilités d'amélioration (profil 553).

Ces différences ne sont pas évidentes sur le terrain, et certains sols très argileux qui nous apparaissent presque vertiques, renferment moins de 0,5 mé de bases échangeables, mais avec un pH > 4.

	Profond. cm	M.O %	BE mé %	pH eau	P2O5 mg/g	D.A
E 555 - Auca	0 - 15	6.4	1.7	3.9	I	max mouleux 0.9
	30 - 50	3.4	0.7	4.2		
	100	2	0.4	4.6		montmorillon. "
	150		1.9	4.9		
	500		27, 27.60			
E 556 - Auca	0 - 10	4.6	1.6	4.3	0.5	montmorillonite et un peu d'illite ?
	30 - 40	2.5	0.7	4.5		
	500		(55)	8.4		
	700		(49)	8.6		
E 557 - Auca	0 - 15	5.5	2.0	4.4	montmorillonite	
	50 - 100	1.8	0.7	4.9		
	400		15	5.2		
E 558 - Coca	0 - 15	5.9	1.1	3.9	I	montmorillonite
	30-40	3	0.4	4.4		
	700		36			
E 546 - Coca Schuschufinde	0 - 20	-	4.2	4.1	2	I.0
	30 - 50	1.8	0.6	4.4		
	100	1.1	0.5	4.7		
E - 553 Schuschufinde	0 - 20	5.0	2.5	4.6	kaolinite	
	20 - 40	2.8	0.4	5.0		
	60	1.8	0.3	4.5		
	5 m		1.0			kaolinite, illite ? un peu de montmorillon.

2.5 à 2.6 de au du rmp.

2-6 - Les Hydrandepts -

En se rapprochant de la Sierra, le climat paraît plus humide, plus nageux, moins ensoleillé et les sols des quelques vallées peu accidentées sont extrêmement hydratés, renfermant parfois plus de 200% d'eau. Ce sont des sols similaires à ceux de Puyo, mais moins anciens, sans gibbsite, très spongieux et de très faible portance.

3 - REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

Par interprétation des photos aériennes au 1/40.000ème, on a distingué :

1) Les régions planes (I A) ou très légèrement ondulées (I B). Il est possible que parfois les ondulations soient dues aux frondaisons de la végétation.

Il s'agirait de sols sableux, à halloysite ou allophane, mais cela reste bien sûr, à vérifier au sol.

2) Les régions présentant de légères ondulations, qui peuvent,

- soit border les rivières. Ce sont des sols alluviaux entaillés par le creusement de la rivière (3 F).

- soit en position relativement éloignée des rivières principales (3). Il peut s'agir de terrasses alluviales légèrement disséquées ou d'affleurements du soubassement sédimentaire ancien. Nous avons ainsi rencontré quelques sols rouges sur ce type de modèle, près de Coca, alors qu'en d'autres sites, ce sont des sols de cendres à halloysite ou allophaniques.

3) Les ensembles de collines peu élevées, mais accidentées sont désignés par 4 a, lorsque l'altitude des sommets est identique, 4 ax, lorsqu'on distingue une légère ligne de crête, 4 b désigne les collines plus élevées. Ce sont des sols rouges argileux.

4) Les collines aux formes variées sont désignées par 5. Ce sont des sols rouges argileux.

L E Y E N D A

FOTOINTERPRETACION DEL ORIENTE - ECUATORIANO a ESCALA 1/100,000

cenizas o | Probabilidad de cenizas farinoso, alofanico, halloysita
 rojo | Suelos de cenizas farinoso, alofanico, halloysita
 Suelos rojo arcilloso con baja saturación de bases.

- | | |
|------------|---|
| Violet | 0 - Zones planes, probablementement inondées une partie de l'année - marécages ou bordures de rivières.
- Plano - posibilidad de inundacion o pantanos |
| bleu foncé | 1a - Zones planes - larges étendues régulières.
- Plano - muy regular. |
| Bleu clair | 1b - Zones planes, mais avec un micro-relief de très faible amplitude; parfois dû peut-être à la végétation.
- Plano pero, micro relieve - poco. |
| Vert | 2 - Plateaux en très légères pentes (moins de 5 %) régulières -
- Legeramente pendientes, parte mas alta. |
| Vert | 3 - Zones planes, mais avec un micro-relief assez marqué, moutonnement souvent.
3 F - Il peut s'agir des zones bordant les rivières. Le micro-relief est dû aux entailles des affluents ou aux ondulations des anciens lits de rivières abandonnées. Ce sont des sols d'alluvions.
3 - Il peut s'agir de zones éloignées des rivières principales : terrasses alluviales anciennes, entaillées ou légères émergences de formations sédimentaires anciennes (argiles marines, galets), parmi les alluvions. On peut avoir alors des sols rouges ferrallitiques.
- Plano pero micro relieve notable. |
| Orange | 4 a - Ensemble régulier de petites collines juxtaposées, avec pentes fortes, mais avec des sommets de même altitude. Les sols dérivent d'argiles sédimentaires montmorillonitiques ou de galets qui les ont recouverts : sols rouges ferrallitiques.
- Pequeno lomita con regular juxtaposition, misma altura - suelos derivadas de arcilla sedimentario o piedras rodonda.
4 ax - Idem, a, mais avec un axe plus élevé assez net au sein de cet ensemble de collines uniformes.
b - Hauteur des collines plus importante qu'en a mas alta que a |
| rouge | 5 - Collines relativement élevées et de relief irrégulier - Sols rouges ferrallitiques.
- Loma de relieve irregular, mas alta que 4. |

Fevrier 1975

PAYS : EQUATEUR

REGION : Versant Amazonien

PROFIL : E 543

Altitude : 1950 m

Date : Nov. 1974

Roche mère :

hydrant sur placard

Pluviométrie :

Température :

Saison :

Modelé local : Pentas assez fortes : 30 à 40 %

Drainage externe :

Végétation : Naranjilla et un peu de maïs - Défrichement en laissant les troncs en place

Lieu : Carte : Diaz de Pineda - Village "Tros Cruces" à 34 Km de Baeza - Zones de collines aux pentes assez fortes : 30 à 40 % - Localement sur un replat .

PROFIL :

0 - 20 Brun IO YR 3/2 à IO YR 3/3

Structure continue - Allophane, onctueux, savonneux, bien hydraté , cohésion allophanique très nette - porosité moyenne - beaucoup de racines

20 - 50 Grisâtre IO Yk 4/2

Taches rouille foncé autour des racines - quelques taches grises devenant plus prononcées en profondeur. Canalicules des racines entourées de rouille avec un léger durcissement. Limoneux, bien savonneux, bien onctueux, cohésion allophanique très nette, très doux. Structure continue, faces angulaires.

50 - 90 Beige jaune à jaune verdâtre : 2,5 Y 6/4 à 5/4

Taches grises et jaunes. Quelques taches rouillées diffuses, quelques taches rouilles autour des pores moyens. Quelques bandes rouille orangé nettement durcies à 70 cm (plaques ferrugineuses) - Structure d'ensemble continue - cohésion allophanique nette onctueux, mais paraît plus argiloxy que ci-dessus. Fine porosité tubulaire.

E 543 a = 0 - 20 b = 25 - 40 c = 60 - 70

Densités apparentes : 0 à 20 30 cm 70 cm.

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Orient. BAEZ

PROFIL N°: E543

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or / 100 g	P. enf. cm	D.A.	eau
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ					
E543 a	0-20									15	10	0,58	120
b	25-40									10,8	30	0,60	112
c	60-70									6,0	70	0,71	95
No	Cations échangeables en mé p. 100					T				P ¹⁰⁰ mg/g	FNa	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S							KCl	eau
a	2,42	0,30	0,27	0,14	3,13					0,2	+++	4,5	5,0
b	2,40	0,45	0,20	0,10	2,15						+++	4,7	5,4
c	0,58	0,21	0,14	0,10	1,03						+++	5,4	6,7
N°	eau %	pp _f / µ										N ¹⁰⁰ mg/g	
a	133	171										875	
b	93	87										628	
c	96	91										347	

Ing. BEAUDIN - Matricule

PAYS : EQUATEUR

REGION : FRANCISCO DE ORELLANA
ORIENT

PROFIL : E 544

Altitude : 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : Alluvions issues de cendres

dupliqué ?
dupliqué. Villanueva

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060mm

Température : Moyenne mensuelle : 25° - Max. absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison : en principe petite saison sèche

Modelé local : Plat

Drainage externe : Lent à très lent

Végétation : Forêt secondaire, palmiers et bananes - défriché il y a peu de temps - encore les souches.

Lieu : A 4 Km du rio Coca, au Nord sur la route de Lago Agrio, à Francisco de Orellana, à environ 20 Km de Francisco de Orellana au Nord.

Près du rio Coca les terrasses alluviales sont très sableuses, sable grossier, puis on traverse une mince bande de sol rouge et deux petites rivières. A 1km de la dernière rivière au Nord - Carte rio Juvino Central N° 102 - coin gauche bas - V = 3m - H = 4m. Zone bien plate qui ne serait jamais inondée d'après les paysans.

PROFIL -

- 0 - 15 Coloration foncée 5 YR 3/2 - un peu rougeâtre
Très humifère sur 5 cm, très doux, assez savonneux, énormément de racines dans les 15 premiers centimètres. Toutes les racines y sont concentrées - On aperçoit des fins minéraux - matière organique et sans doute allophane - presque spongieux - réaction FNa assez lente, mais nette.
Transition rapide
- 15 - 40 Beige un peu verdâtre 2,5 Y 4/2 - écrasé plus foncé
Sable moyen 0,1 à 0,2mm, encore un peu onctueux - allophane et matière organique - légèrement savonneux - réaction FNa 15"
- 40 Plus clair 5 Y 4/2 à 3/2
Sableux, assez grossier, 0,2mm, quelques particules peu abondantes de 1 à 2 mm. Très humide, gorgé d'eau, à peine onctueux, particulière - Sable volcanique un peu scoriacé et transporté - les grains paraissent anguleux - quelques taches rouille à 50 cm.

E 544 a = 0 - 15 b = 15 - 30 c = 40 - 50

D.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Coca. Oriente PROFIL N°: E544

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori- zon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 177%			
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ					
E544 a	0-15									21,5			
b	15-30									4,2			
c	40-50									1,9			

N°	Cations échangeables en mé p. 100					T. frnis	SIT	(eau)		pH	KCl	eau
	Ca	Mg	K	Na	S							
a	7,4	1,64	0,21	0,12	8,74	24,1	33%	94		4,7	5,2	5,6
b	0,55	0,09	0,13	0,07	0,84	7,1		44		2,0	5,1	5,2
c	0,66	0,10	0,10	0,14	1,00						5,4	5,8

N°	eau %	pH											N mg %		
a	97	7,1													665
b	46	3,1													244
c	34	1,8													109

par BEALON - Maroua

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO vers
FRANCISCO DE ORELLANA

PROFIL : E 545

Altitude : 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : Alluvions issues de cendres

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Moyenne mensuelle 25° - maxim. absolu : 33° - minim. absolu : 18°

Saison : En principe petite saison sèche, mais pluies fréquentes

Végétation : Forêt

Modelé local : presque plat

Drainage externe : lent

Lieu : Route de Lago Agrio à Francisco de Orellana, 4km au Nord du profil E 544, donc 8 Km au Nord du rio coca (bac, pont coupé par une crue, il y a 4 mois).

La région est bien plane, mais il semble que depuis 500 m on ait légèrement monté.

Carte rio Juvino N° 102 - coin gauche bas - S.D. H = 7,5 cm - V = 9,5 cm

PROFIL -

- 0 - 15 Coloration modérément foncée 10 YR 3/2 à 4/2, plus foncé écrasé légèrement limoneux, très doux, bien onctueux, humifère, légère cohésion des blocs. Enormément de racines sur 10 cm, mais encore en profondeur - réaction FNa lente mais forte : rouge sang
- 15 - 35 Jaune beige 10 YR 5/4. Assez sableux, sable fin, un peu onctueux, avec encore de la matière organique - légère cohésion - structure d'ensemble continue, peu de pores.
- 35 - 70 Plus jaune 10 YR 5/4 - plus foncé écrasé. Cohésion plus nette, bien onctueux et doux, pores remplis de matériaux foncés en provenance de l'horizon supérieur ou trous de racines. Structure d'ensemble continue. Réaction au FNa lente mais forte
- 70-100 Même couleur. Paraît légèrement argileux, un peu plastique, se roule bien. Structure continue. Réaction au FNa lente, mais forte.
- 100-140 Même couleur. Sable fin, très légèrement onctueux, mais peu, quelques minéraux brillants parallèles. Réaction au FNa lente mais forte
- 140-180 Argile compacte beige jaune avec des taches ocre et rougeâtres d'hydromorphie. Assez dur à retirer de la sonde - Pas de réaction au FNa.

E 545 a = 0 - 20 b = 35-50 c = 80 - 100 d = 100-130 e = 150-180

Densités apparentes 2 à 25 et 2 à 45

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Lago Agrio - Poca PROFIL N°: E545

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %			Limon °°			Sables °°			Ma. Or ±177°°	Prof cm	D. A.	eau
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ						
E545	a	0-20											7,3	25	0,98	45
	b	25-50											2,7		0,98	
	c	80-100											2,5	45	1,06	
	d	100-130											2,2		1,00	
	e	150-180														
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T. fines	SIF	eau			P ₁₀₅ (mg %)	pH				
	Ca	Mg	K	Na	S							KCl	eau			
a	6,05	0,25	0,17	0,12	0,7	28,6	33%	77			11,5	5,2	5,6			
b	1,55	0,13	0,13	0,08	1,9	-	-	-				5,4	5,8			
c	1,84	0,11	0,14	0,12	2,2	15,2	-	58				5,5	5,9			
d												5,4	5,8			
e												4,9	6,0			
N°	eau °°											N mg/l				
a	75															
b	51											427				
c	57											159				
d	38											142				
e	53											62				

Lab. BEAULON - Metz

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO à
FRANCISCO DE ORELLANA

PROFIL : E 546

Altitude : 300 m

Date : nov. 1974

Roche mère :

oxic. dyscrapax

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-286-331 = 234-200-219-273-275-187- = 3060mm

Température : Moyenne : 25° - Max. Absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison : Petite saison sèche, mais pluies fréquentes

Modelé local : Forte pente 25 % régulière, mi-pente

Drainage externe : Très rapide

Végétation : Abattis récent de forêt avec encore tous les troncs et les souches

Lieu : Route de Lago Agrio à Francisco de Orellana - 4 Km au Nord du profil E 545 et à 13 Km du rio Coça au Nord. - Carte rio Jivino N° 102 censal, coin gauche - H = 13,5^m - V = 15,5^m
On traverse sur 3 Km, une zone de collines accidentées avec des sols rouges. Collines peu élevées mais aux pentes souvent fortes - quelques défrichements récents? Toutes les collines sont analogues avec les mêmes sols. On voit les horizons bigarrés d'aplinthite dans les talus - Pas de roches dures ou altérées visibles.

PROFIL -

- 0 - 5 Coloration beige 5 YR 3/4 assez clair
Beaucoup de racines concentrées - presque toutes les racines - Argileux
- 5 - 80 Beige jaune un peu rougeâtre 5 YR 5/6
Très argileux - Structure d'ensemble continue - quelques pores - quelques luisances - Faces un peu angulaires, revêtements dans les pores - plastique - s'émiettant assez difficilement.
- 80 - 120 Légèrement plus rougeâtre, très progressivement 5 YR 5/8, orange rougeâtre
Structure continue, argileux, assez compact dans la sonde - peu de pores.
- 120 Apparition de légères taches beige, diffuses
Un peu moins compact, mais légèrement - s'émiette nettement mieux.

E 546 a = 0 - 20 b = 30 - 50 c = 100 - 120

Densité apparente à 35 cm.

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS : Equateur

REGION : Lago Agrio, Coca PROFIL. N° : E 546

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori- zon	Mode disp.	Argile %					Ma. Or + 112 %	Prof.	D. A.	eau	
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 7000 μ					
E546 a	0.20			-	-	-	-	-	-				
b	30.50			79.3	12.8	2.9	3.5	3.5	1.8	35	1.04	5'	
c	100.120			77.2	15.6	2.8	3.2	1.2	1.15				
No	Cations échangeables en mé p. 100					T rec	S H	F _{Na}	P ₁₀₅ F ₁₀₅ mg %	pH			
	Ca	Mg	K	Na	S					KCl	eau		
a	3.63	0.30	0.22	0.08	4.2				0	2.1	4.0	4.1	
b	0.36	0.09	0.11	0.06	0.62	16.2	4		0		4.2	4.4	
c	0.30	0.05	0.08	0.06	0.49	15.8	3		0		4.3	4.7	
N°	eau %											N mg/l	
a	74												-
b	54												104
c	55												67

Ino BEZAUON - Metzique

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO

PROFIL : E 547

Altitude : 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : Probablement cendres éoliennes sur alluvions de galets

halloysite décolorée

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : 25° moyenne - Max. absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison : Quelques pluies

Modalité local : Bien plat, champs de bananes sur défriche récente

Drainage externe :

Végétation : Vivrières, bananeraies etc..... récentes

Lieu : Carte Rio Eno -

Sur la route de Lago Agrio à Francisco de Orellana - Au Km 24 du Rio Aguarico et 28,5 de Lago Agrio sur l'oléoduc.

A quelques centaines de mètres on remarque de légères ondulations - Terrasse haute -

A 5 km du projet de colonisation Shushufindi

Hacienda Bosque de Oro, en face.

PROFIL -

- 0 - 40 Coloration foncée IO YR 4/2, plus clair écrasé 4/3
Structure continue - limoneux, s'émiettant avec des faces bien angulaires et assez luisantes, devenant limono-argileux en profondeur - Nombreux pores, peut-être un peu plus foncé sur 2 à 3 cm en surface. Nombreux petits minéraux - pas de réaction FNa de 0 à 20 - Légère mais lente de 30 à 50
Transition très progressive
- 40 - 90 IO YR 4/2 à 4/3, écrasé passe dans les 4/4 - plus clair
Structure continue, faces moyennement angulaires, nombreux pores - Blocs se brisant aisément en sous-blocs subangulaires, microporosité assez fine - Nettement argileux limoneux, plastique, assez adhérent humide (halloysite) faces bien luisantes - pas de réaction FNa du tout.
- 90 - 100 Très progressivement le sol devient plus jaune clair IO YR 4/4
Franchement argileux, assez dur à la sonde, plastique.
- 100 - 150 Plus clair IO YR 5/4 à 5/6
Argileux, parfois plus limoneux, parfois plus argileux. Pas de changement de couleur écrasé, donc pas de revêtements - Donc, horizon un peu hétérogène par la granulométrie - pas de taches, pas de réaction à FNa. Donc profil très uniforme avec une variation très progressive avec la profondeur.
On a trouvé un morceau de basalte inaltéré et quelques nodules durcis altérés, cendres ou basalte.

E 547 a = 0 - 20 b = 30 - 50 c = 130 - 150

Densités apparentes : 2 à 30 cm, assez argileuses

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur REGION: Lago Agrio. Coca PROFIL N°: E547

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 117%	prof cm	D. 17.	eau
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 700 µ					
E547 a	0-20									6,75			
b	30-50									2,5	30	1.04 3.03	53
c	130-150									1,6			
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T eau	SIT	T juin	eau	pH eau	pH KCl	pH eau	
	Ca	Mg	K	Na	S								
a	8,91	1,12	1,71	0,16	11,4	24,8	46	31	78	0,8	5,2	5,6	
b	8,80	1,12	0,80	0,18	10,9	21,2	52	29,4	66	0,5	5,1	5,9	
c	6,82	0,92	1,89	0,14	9,8					0,6	5,6?	5,9	
N°	eau %	N %									N mg%		
a	76	72									392		
b	67	62									144		
c	101	96									93		

by BEZALON - Marquet

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO

PROFIL : E 548

Altitude : 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : alluvions

à l'origine de l'échantillon

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-331-286 = ~~234~~-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Saison plutôt sèche, mais après une pluie très violente

Modelé local : plat - uniforme

Drainage externe : lent

Végétation : Bananeraies, jardin sur défriche très récente avec encore les souches et les arbres

Lieu : Km 24 de Lago Agrio, donc 20 du rio Aguarica - Région bien plate - Hacienda Suzanna Bella de Sr. Hernandez installé ici depuis 3 mois - pas très loin du rio Eno qui a du transporter des sables.

PROFIL -

0 - 10 Humifère foncé 10 YR 3/2

Limoneux à limono-argileux, assez léger, très poreux, beaucoup de racines, faces déjà légèrement angulaires - légère réaction au FNa (douteuse)

10 - 100 Uniforme, beaucoup plus clair beige jaune 10 YR 4/3 à 5/4

Limono-argileux, assez léger, moins argileux que 547, tendance allophanique, quelques petits pores - Structure d'ensemble continue, légèrement onctueux, très humide - allophane et argile - pas de réaction au FNa

On rencontre du sable et la nappe permanente à 3 mètres.

E 548 a = 0 - 20 b = 30 - 50 c = 90 - 110

Densités apparentes : 2 à 40 cm 2 à 1 m

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Lago Agrio

PROFIL N°: E548

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 1/17 %	Z _{1/2}	DA	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ					
E548	a	0-20								10,5	35	0,79	71
	b	30-50								3,3		0,79	
	c	90-110									2,2	100	0,57 0,60
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T. p.p.m.	eau			P ₂₀₅ p.p.m. mg%	pH		
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau	
a	14,5	2,67	1,58	0,10	18,9	48,3	129			4,2	6,0	6,4	
b	5,62	1,24	0,99	0,16	18,0	41,0	77			0,4	4,7	5,3	
c	2,75	1,25	1,66	0,14	5,8	49,6	99				4,9	5,2	
N°	eau %	pH p.p.m.									N mg%		
a	124	96,4									609		
b	78	76,4									194		
c	103	100									130		

No. BEAUDIN - Methode

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO

PROFIL : E 549

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : alluvions de cendres

viJnanbenz

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Moyenne mensuelle : 24°5 - Max. absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison :

Modelé local : Plat

Drainage externe : lent

Végétation : bananeraies surdéfriche récente non labourées.

Lieu : 800 m au sud du rio Eno - Région plane - Sans doute alluvions du Rio Eno - les sels plus éloignés sont moins sableux - plus limono-argileux

PROFIL -

- 0 - 3 Feutrage de racines
- 3 - 15 Un peu plus foncé que 10 YR 3/2 - plus foncé écrasé 10 YR 2/2
Sablo-limoneux fin, onctueux, bien humifère, quelques racines encore - réaction au FNa
- 15 - 40 2,5 Y 3/2 à 4/2
Sable à peine onctueux, très légère cohésion des blocs, peu de pores - Quelques racines jusqu'à 30 cm - Réaction FNa
- 40 - 90 Légèrement plus clair
Franchement sableux, sable fin particulière, pas onctueux
- 90 - 120 Gris foncé 5 YR 3/I
Sable plus grossier : 0,2 mm - Rares particules rougeâtres de 2 mm.

E 549 a = 0 - 20 b = 20 - 40 c = 90 - 110

Densité apparente : 1 à 1,5 1 à 1,0

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS : Equateur

REGION : Lago Agrio

PROFIL N° : E549

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori-zon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 1/17 %	Z _{af} cm	D.A	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ					
E549 a	0-20									8,3	5	0.81	66
b	20-40									2,7	10	0.92	55
c	90-110									0.4			
N°	Cations échangeables en m ^é p. 100					T μm	sIT	eau			P ₂₀₅ T ₂₀₅ mg %	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S							KCl	eau
a	6,3	0,71	0,21	0,08	7,27	26,5		65			11,5 15,4	5,0	5,3
b	3,30	0,43	0,13	0,06	3,92							5,3	5,9
c	0,92	0,08	0,29	0,06	2,35							5,3	6,1
N°	eau %	P ₂₀₅ μm										N mg %	
a	65	54										483	
b	33	31										218	
c	20	9,5										22	

Ing. BEAUCON - Metz

PAYS : EQUATEUR

REGION : SHUSHU/FINDI
ORIENTE

PROFIL : E 550

Altitude : 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : alluvions de congres

~~Hydraté~~
argilés

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : moy. mensuelle : 24^o5 - Max. absolu : 33^o - min. absolu : 18^o

Saison : quelques pluies

Modelé local : bien plat

Drainage externe :

Végétation : plantation de banane sur défriche récente de forêt, non labouré, troncs et souches en place encore

Lieu : Sur la route de Shushu findi - A 6 km du carrefour de la route Lago Agrio - Francisco de Orellana, route vers l'Est - Région bien plane.

PROFIL -

- 0 - 15 Foncé brun 10 YR 3/2 - idem écrasé
Beaucoup de racines jusqu'à 5 cm et encore à 15 cm. Limoneux, doux, onctueux entre les doigts - pas de sensation d'argile - cohésion allophanique très nette mais faible - faces légèrement angulaires - allophane typique - Réaction FNa 30" nette -
Transition rapide
- 15 - 80 Le sol devient plus jaune 10 YR 4/4 - un peu plus foncé écrasé
Structure d'ensemble continue, cohésion nette mais faible, blocs légèrement angulaires porosité modérée - Limoneux, doux, onctueux, savonneux, pas de sensation d'argile - bel allophane - réaction FNa nette 30" et forte : rouge sang.
L'allophane s'effrite bien en pseudo-sables, puis en fin limon par pression.
- 80 - 120 Même couleur 10 YR 4/4 à 5/4 jaune
Plus hydraté, plus onctueux semble t-il, paraît plus humide - Réaction FNa 30" nette
- 120 - 140 Même couleur et quelques nodules brunâtres
On sent des noyaux plus durs brunâtres de tuf, isolés dans la matière plus friable, bien allophanique.
- 140 - 180 Sable fin, onctueux, encore allophanique - Il y a davantage de sable - Très humide - nappe d'eau dans le trou.

E 550 a = 0 - 20 b = 30 - 50 c = 80 - 120

densités apparentes : 2 à 30 cm 2 à 50 cm

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori- zon	Mode disp.	Argille %			Limon %			Sables %			Ma. Or 117%	Prof cm	D.A.	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ	200 à 2000 μ	200 à 2000 μ	200 à 2000 μ	200 à 2000 μ				
E550	a	0-20										15.	30	0.50 0.50	120	
	b	30-50									6,6					
	c	80-120										3,0	50	0.49 0.49	125	
No	Cations échangeables en mé p. 100						I fin	eau	P ₁₀₅ Finog mg%	pH						
	Ca	Mg	K	Na	S	KCl				eau						
a	7,5	1,25	0,24	0,12	9,1	49,5	161		1,04	5,0	5,1					
b	2,9	0,70	0,15	0,11	3,84	33,3	127			5,5	5,8					
c	2,75	0,86	0,24	0,11	3,96	43,3				5,6	5,5					
N°	eau %	pF) /air											N mg%			
a	161	145											868			
b	125	117											385			
c	111	106											175			

the BEAUDIN - Method

6 amoyhe allothane
 jeke raina k.k. un jeu de meta-hallopin
 peut être un jeu de moule moultun

PROFIL : EQUATEUR :

REGION : SHUSHU-FINDI
ORIENTE

PROFIL : E 551

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : Alluvions dérivant de cendres

hautogr. (bis) de p. 10/10/74

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-357-531-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Moy. mens. 25° - Max. absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison : fortes pluies la veille

Végétation : Plantation de bananiers, depuis peu de temps, défriche récente, sans labours - encore les souches et les troncs

Modelé local : pratiquement plat, mais quelques parties plus basses par endroit

Drainage externe : Lent

Lieu : Hacienda Amable Pedro - A 9 km de la route Lago Agrio-Coca et 4 Km du précédent profil E 550 - zone doucement ondulée, très faiblement.

PROFIL -

0 - 5 Coloration brunâtre 10 YR 3/2 à 5/2

Bien humifère - beaucoup de racines - véritable chevelu - sol non labouré

5 - 130 Beige - 7,5 YR 4/4

Limono-argileux, faces assez angulaires, structure continue - porosité importante, devenant argilo-limoneux à argileux - se roule bien - structure d'ensemble continue, les blocs se brisent en agrégats nettement angulaires - microporosité assez forte - pas de luisances - On remarque d'assez nombreux très petits minéraux brillants dans le sol - Aucune réaction au FNa sur les 3 échantillons.

Le sol est donc extrêmement uniforme, bien argileux - Voisin du profil de l'hacienda Suzanna Bella - E 548

E 551 a = 0 - 20 b = 20 - 40 c = 70 - 100

Densités apparentes : 2 à 50 cm

Obs. - Quelques poteries dans le profil, surtout près de la surface.

Obs. - 5 Km plus loin, dont à 14 Km de la route Lago Agrio-Coca, la région est bien plus plane et les sols sont nettement plus allophaniques, onctueux, peu ou pas argileux, avec du sable fin pris à 50 cm de profondeur - sable volcanique verdâtre.

A 16 Km de la route Lago Agrio-Coca, on passe à un modelé de collines avec des sols rouges après le puit de pétrole 37.

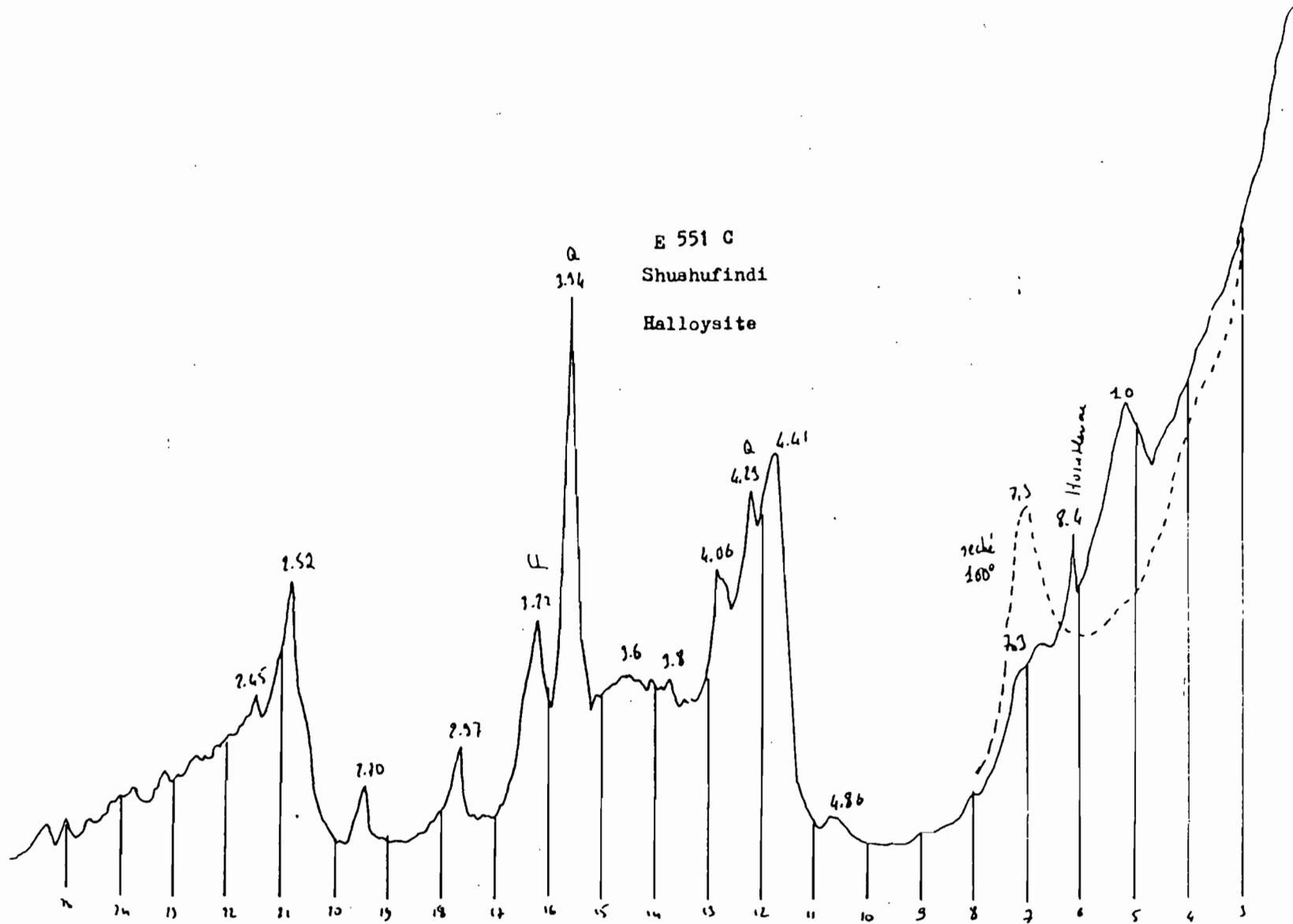
Ces sols rouges vont jusqu'à Shushu-Findi et s'étendent au Sud sur environ 1 Km - puit 18 Le puit 21 est dans des régions peu ondulées.

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 1/17%	Prof cm	D. A.	eau
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ					
E 551 a	0-20									7,1			
b	20-40									3,5	30	0.81 0.79	76
c	70-100									2,3			
N°	Cations échangeables en mé p. 100						T fin				P ₂₀₅ mg %	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S							KCl	eau
a	6,8	1.46	2.16	0.11	9,3	40,8				2.08	4.7	5.2	
L	3.3	1.06	0.77	0.10	5,2	32.0					4.4	4.9	
c	3.02	0,83	0.39	0.12	4.4						4.3	4.8	
N°	eau %	N _p fin										N _p mg %	
a	89	83										413	
b	74	68										201	
c	74	70										192	

by BEZALON - Maréchal

c halloysite.
s halloysite + mica halloysite

Q7.



PAYS : EQUATEUR

REGION : SHUSHU/FINDI
ORIENTE

PROFIL : E 552

Altitude : Environ 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : alluvions

hallogite diplopyrite

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060mm

Température : Moy. mens. 24°5 - Max. absolu : 33° - min. absolu : 16°

Saison : quelques pluies

Végétation : Bananeraies et divers, manioc... sur défriche très récente, non labourée, avec encore les troncs et les souches

Modelé local : bien plat

Drainage externe : lent

Lieu : Au Sud de Shushu/Findi, à l'entrée du puit de pétrole N° 25, presque au carrefour.
Région plane depuis le puit N° 5 au Sud de Shushu/Findi, auparavant, c'étaient des collines avec des sols rouges - forêt défrichée juste au bord de la route.

PROFIL -

- 0 - 5 Humifère de coloration 5 YR 3/2, brun un peu rougeâtre
Limoneux, doux, assez onctueux, tendance nettement allophanique, bien friable. Beaucoup de racines, mais encore jusqu'à 30 cm, assez bien réparties.
- 5 - 120 Beaucoup plus rougeâtre 5 YR 4/4 - idem écrasé
Limo-argileux jusqu'à 20 cm, puis franchement argileux, plastique, se roulant bien, peu adhérent, blocs s'émiettant aisément avec des faces subangulaires. Jusqu'à 60 cm le sol est assez luisant, mais très humide, avec une forte porosité - Pas de réaction au FNa sur les 3 échantillons de 20 à 100 cm.
- 120 - 140 Couleur un peu plus claire, beige 7,5 YR 4/4
Légèrement argileux, identique - pas de revêtements ni luisances - quelques nodules plus durs qui paraissent être de la cendre - aspect plus continu.
- 140-180 Quelques passages limono-sableux, alternant avec l'argile - pas de luisances - très humide - beaucoup de minéraux à paillettes, micas ?
- 180 Argile très compacte beige-jaune avec des taches ocre et orangé d'hydrromorphie.

E 552 a = 0 - 20 b = 20 - 40 c = 80 - 100 d = 140 - 170

Densités apparentes : 2 à 30 cm

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 177%	Prof cm	D. N.	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 750 μ					
E552 a	0-20									7,8			
b	20-40									6,3	30	0,84	7,1
c	60-100									1,4		0,85	
d	140-170									1,1			
No	Cations échangeables en mé p. 100						T. fin				pH	eau	
	Ca	Mg	K	Na	S								g/l l'eau
a	25,1	3,0	1,45	0,14	29,7	36					5,4	5,8	
b	5,8	1,81	0,72	0,34	8,6	33,7					4,5	5,2	
c	3,4	2,23	0,46	0,38	6,5	31,2					4,3	5,1	
d	4,65	2,10	0,53	0,58	7,9	-					4,8	5,5	
N°	eau %	nfs fin									N mg/l		
a	99	88									451		
b	72	69									364		
c	78	76									79		
d	82	76									66		

l. halogène 100%
 en grande partie halogène
 dans la gélule

PAYS : EQUATEUR

REGION : SHUSHU FINDI

PROFIL : E 553

Altitude : 300 m environ

DATE : Nov. 1974

Roche mère : formations alluviales de galets roulés et argiles sédimentaires. On remarque des galets peu altérés et des galets altérés.

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : moy. mens. 25° - max. absolu : 33° - min. absolu 18°

Saison :

Végétation : Défriche très récente de forêt, quelques mois

Modelé local : pente de 20 % régulière

Drainage externe : Rapide

Lieu : Au Nord de Shushu-Findi. Ce sont des sols rouges sur des collines aux pentes fortes.

A environ 2 Km au Nord vers le Rio Aguarico - Dans un talus on voit sur 7 à 8 m de hauteur une argile rouge à marbrures blanchâtres avec des galets dont certains sont altérés et d'autres durs, volcaniques noirs ou quartzeux.

Sous cet épais manteau, on remarque en discontinuité brutale, une argile sédimentaire en blocs encore durs, horizontale - de couleur variée : beige, blanchâtre, rougeâtre, verdâtre. Blocs durs peu hydratés 553 K - Pas de réaction FNa

PROFIL -

Sur la colline - On remarque sur le sommet des galets peu altérés. Le profil a été pris quelques mètres en-dessous sur la pente.

- 0 - 1 Chevelu de racines tout en surface sans matière organique apparente - pas d'horizon humifère
- 1,75 Ocre et beige, marbrure 7,5 YR 5/8
Très argileux, plastique, très compact, un peu adhérent, faces très angulaires - assez adhérent - pas de réaction au FNa.
- 15 - 40 Verdâtre 5 Y 5/3
Argileux, structure continue, très compact, assez adhérent, paraît gonflé, très plastique, uniforme. Les trous de racines de 1/2 sont bien remplis par une argile noirâtre venant de la partie supérieure - M.O. - Voir montmorillonite - Pas de taches - pas de réaction FNa.
- 40-100 Orangé 5 YR 5/8
Argileux, très compact, très uniforme, très dur dans la sonde, encore quelques parties verdâtres, plastique - paraît peu adhérent et s'émiettant mieux qu'en surface - pas de réaction FNa.

E 553 a = 0 - 20 b = 20 - 40 c = 50 - 60 <

N.B. - Sur les pentes de l'autre côté de la colline, les sols sont rouges et marbrés gris, érodés au-dessus de l'oléoduc.

O.R.S.T.O.M. - Antilles

PAYS : Equateur

REGION : Lago Agrio - Coca

PROFIL N° : E553

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori-zon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or ± 1/2 %			
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ					
E553 a	0-20									5,0			
b	20-40									2,8			
c	50-60									2,8			
K	-												

N°	Cations échangeables en mē p. 100					T ue	S/T			pH eau	KCl	pH eau
	Ca	Mg	K	Na	S							
a	1.62	0.42	0.31	0.10	2.45	-				0.1	4.2	4.6
b	0.14	0.08	0.13	0.05	0.40	10.5	4				4.2	5.0
c	0.11	0.03	0.10	0.05	0.29	-					4.1	4.5
K	0.36	0.33	0.20	0.06	0.95	27.5	4				-	-

N°	eau %									N mg %
a	67									290
b	44									164
c	37									104
K										-

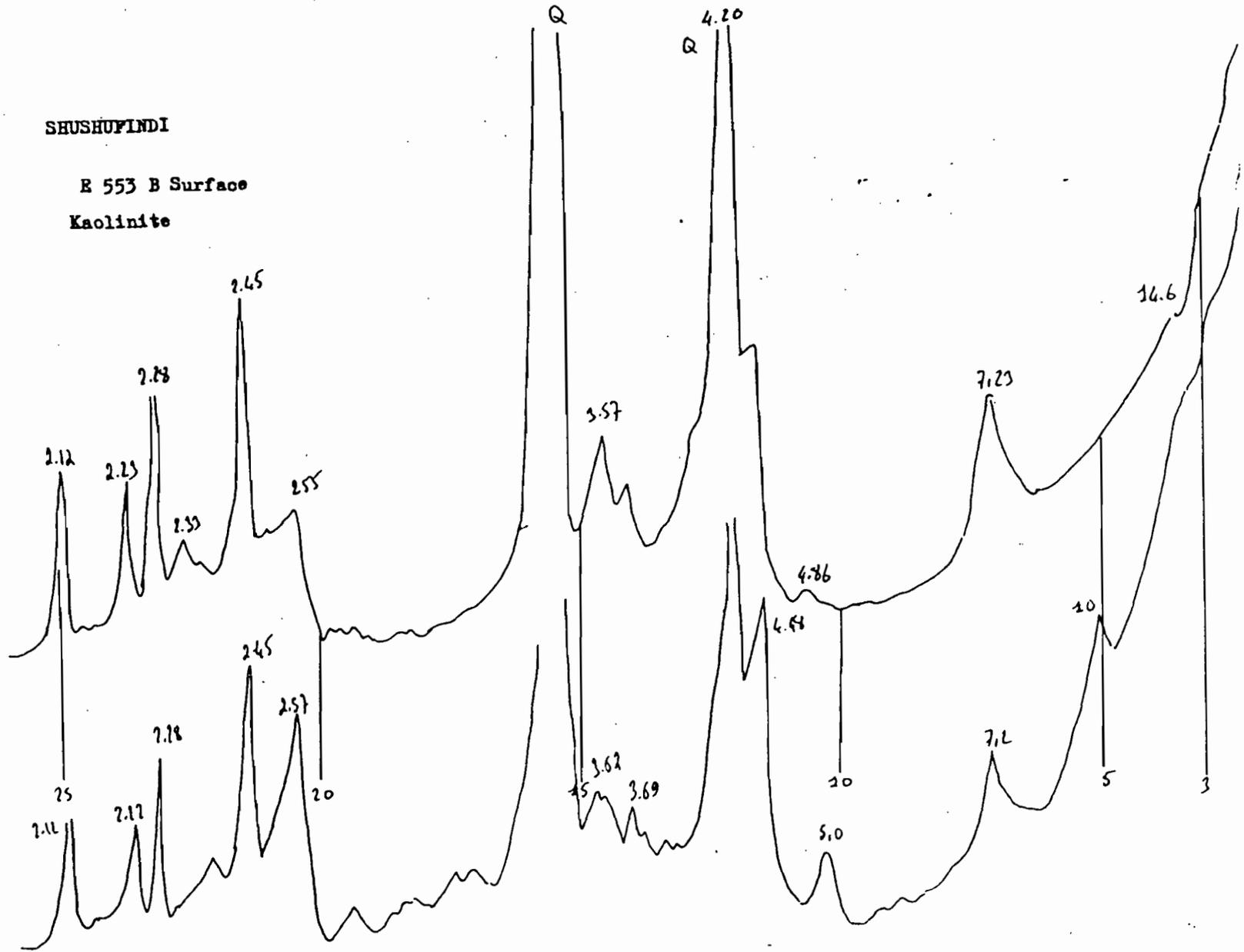
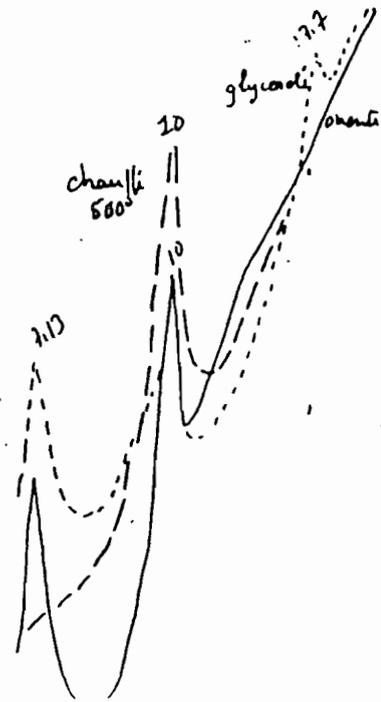
K illite - Kaolinite + un peu de montmorillonite

b. Kaolinite

lot.

SHUSHUFINDI

E 553 B Surface
Kaolinite



E553K Profondeur argile peu délitée
Kaolinite + illite + un peu de montmorillonite

PAYS : EQUATEUR

REGION LAGO AGRIO

PROFIL : E 554

Altitude : environ 300 m

Date : Nov. 74

Roche mère : Cendres sur des formations anciennes

Kaolinite (d'origine?)

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Moy. 24[°]5 - Max; absolu 33[°] - min. absolu 18[°]

Saison - quelques pluies

Végétation : Défriche très récente de la forêt, quelques bananeraies et manioc -

Modelé local : sur une colline, peu accidentée mais fortes pentes en-dessous

Drainage externe : rapide

Lieu : Sur une colline, pente légère mais en crête et plus forte à quelques mètres - Région de collines aux pentes assez fortes - Les sols rouges apparaissent dans toutes les tranchées de route à A peu de distance du Rio Aguarico - au Sud sur la route Francisco de Orellana -

PROFIL -

- 0 - 10 Beige foncé 10 YR 3/2
Finement limono-sableux, très friable, onctueux, nombreux petits points minéraux noirs et brillants - allophane très friable - Réaction FNa faible et lente.
- 10 - 40 Même couleur
Cohésion allophanique nette, assez onctueux, beaucoup de petits pores - limon finement sableux - beaucoup de petits minéraux - Sol allophanique, blocs peu angulaires - quelques parties paraissent plus très meuble, poreux, très facile à creuser, nombreux gros pores - sableux - Réaction au FNa lente mais nette
- 40 - 60 Même couleur, mais nettement un peu argileux.
- 60 - 130 Brun - coloration voisine 7,5 YR 4/4
Franchement argileux. Très compacte, très plastique, peu ou pas adhérent, rares petits minéraux, fortement argileux, peu ou pas adhérent - pas de réaction au FNa.
- 130-200 Rouge 2,5 YR 5/8 rouge orangé
Argile rouge très compacte - plastique, peu ou pas adhérente - kaolinite nettement - pas de revêtements - uniforme - pas de réaction au FNa.
L'argile brune est-elle une halloysite qui provient de la cendre ou un horizon kaolinique profond, au-dessus du sol rouge - voir l'argile C.

a = 0 - 20 b = 20 - 40 c = 80 - 120 d = 140 - 180

Voir différences d'argile entre C et D

Densités apparentes : à 30 cm, très meuble

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 1/172 %	Prof	D. A.	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 7000 μ					
E554 a	0.20									6,5			
b	20.40									4,2	30	1.01	47
c	80.120									2,0		0.95	
d	140.180									-			
No	Cations échangeables en mé p. 100					T	S/T	T/lim		245 lim	pH		
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau	
a	5,44	1,25	0,49	0,12	7,3			19,3		0,5	4,8	5,4	
b	2,00	0,65	0,15	0,14	2,94			14,3		0,4	4,5	5,2	
c	3,9	1,31	0,13	0,26	5,6						4,4	5,2	
d	3,2	1,67	0,08	0,31	5,3	19,9	26				5,2	5,8	
N°	eau %	hf) fu											
													N mg/l
a	54	52,5										378	
b	50	45,1										236	
c	55	50,1										119	
d	50											-	

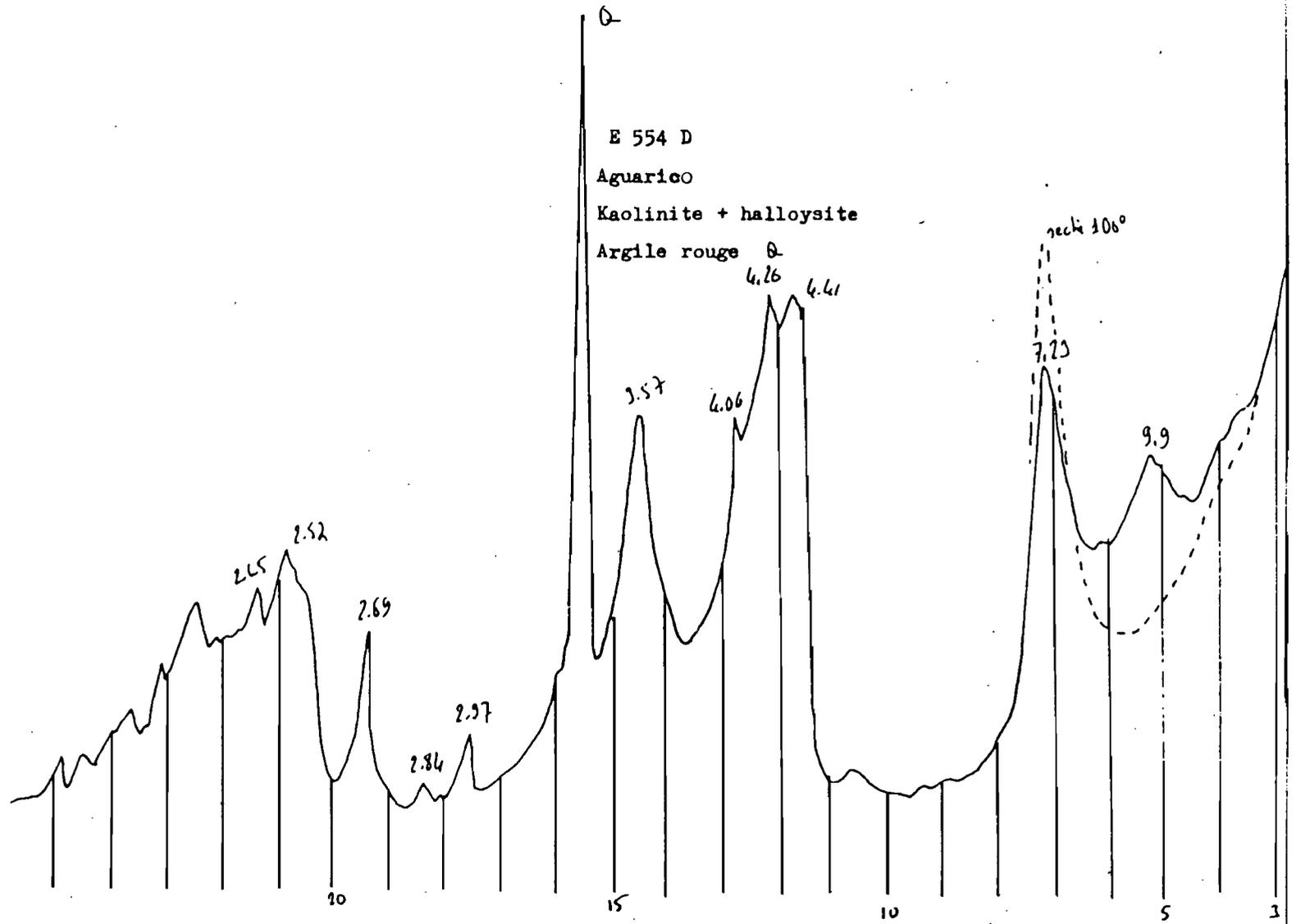
log BEAUCON - Motta one

d: halloysite + kaolinite

c: halloysite 10A° + kaolinite

d: fine clay - surtout
halloysite
kaolinite gibbsite

log.



PAYS : EQUATEUR

REGION : FRANCISCO DE ORELLANA
ORIENTE

PROFIL : E 555

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 74

Roche mère : Formations sédimentaires

Kaolinite. env. de pyrophyllite

Pluviométrie : environ 3 m bien répartis - Limon coché: 253-222-240-337-331-286
284-200-219-213-215-187 = 3060mm

Température : moy. Mens. 24°6 - Max. abs. 33° - min. abs. 18°

Saison : Pluies fréquentes

Végétation : Forêt à peine défrichée

Modelé local : Forte pente 30 %

Drainage externe : rapide

Lieu : A 0,5 Km environ au Sud du Rio Auca, sur la route qui va de Francisco de Orellana vers les puits de pétrole d'Auca field - Au Sud du Rio Napo à environ 60 Km

PROFIL -

Vin 123

Auca 09

46 Km

- 0 - 3 Feutrage de racines très dense, englobant de la matière organique décomposée brune - IO YR 3/4 - Friable, mêlée aux racines
Transition rapide
- 3 - 20 Jaunes clair un peu beige et décoloré 7,5 YR 5/6
Argileux, plastique, se roulant bien, compact mais s'émiettant relativement bien dans la main en agrégats et blocs de 1/2 cm. Encore quelques racines.
- 20 - 70 Orangé rougeâtre 2,5 YR 5/8
Très argileux, plastique, compact, dur à sortir de la sonde, peu adhérent, mais colle assez à la pelle. Structure d'ensemble continue, peu de racines - Très uniforme - faces légèrement brillantes mais le sol est bien humide - quartz bien nus - pores bien propres - pas de revêtements - pas de réaction au FNa
- 70 - 140 Plus rougeâtre IO R 5/8
Argileux, plastique, uniforme, rares quartz - quelques minéraux fins brillants.
- 140 - 250 Quelques nodules d'argile originelle encore assez durs mais se coupant au couteau et qui deviennent de plus en plus fréquents. Beige et rougeâtre tachetés, dans une matrice plus friable, argileuse, rougeâtre - blocs durs de 2 à 3 cm ou moins.
C'est assez irrégulier - Certains bancs horizontaux plus durs ont été mieux conservés. L'argile rouge est surtout dans les fissures entre blocs.
- 250 - 400 Beige 5 Y 7/2 et faces rouge vif peu épaisses IO R 5/8 ou 7,5 R 5/8
Argile originelle dure - beige clair 5 Y 7/2 - avec des faces bien angulaires rouge vif dans les fissures - beige ailleurs. Ces faces rouges sont peu épaisses: 2 à 4 mm
Argile dure consolidée qui s'émiette mal, encore dure - et dont on remarque très bien le litage horizontal - se brise bien à la bêche, blocs disjoints.
- 400 - 600 Argile très dure, encore peu réhydratée, très dure à briser à la bêche - blocs à peine disjoints - quelques fissures rougeâtres - argile beige-grisâtre, gris 5 Y 6/1 et verdâtre 5 G 6/1 - quelques taches ocres.

E 555 a = 0 - 15 b = 30 - 50 c = 1 m d = 2,5 m e = argile de profondeur

6.10.74

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori-zon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 1/17%	P. sol cm	D. N.	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ					
E555	a	0.15			56.7	21.5	7.5	9.2	5.2	6.4			
	b	30.50			57.9	25.8	7.2	6.8	2.3	3.4			
	c	100			18.6	29.3	18.6	22.8	10.9	2.0	30	0.89	68
	d	150			-	-	-	-	-	-			
	e	500.			-	-	-	-	-	-			

N°	Cations échangeables en mé p. 100					T me	SLT			pH	pH	eau
	Ca	Mg	K	Na	S							
a	0.80	0.37	0.42	0.08	1.67	26.4	6				3.6	3.9
b	0.27	0.17	0.17	0.08	0.69	25.0	3			1.04	3.9	4.2
c	0.04	0.06	0.22	0.06	0.38	-					3.9	4.6
d	0.19	1.37	0.25	0.08	1.87	59	3				3.8	4.9
EE	17.5	8.8	0.33	0.19	26.82	47.5	56%			9.4	3.7	5.3

N°	eau %	pH	N mg/l										
b	67	62											
c	61	62											
d	48	68											
e	22	-											

MR. BEZALON - 1977-08-08
pluies.

d: mont moulloumb + un jeu S'ellit

e: idem

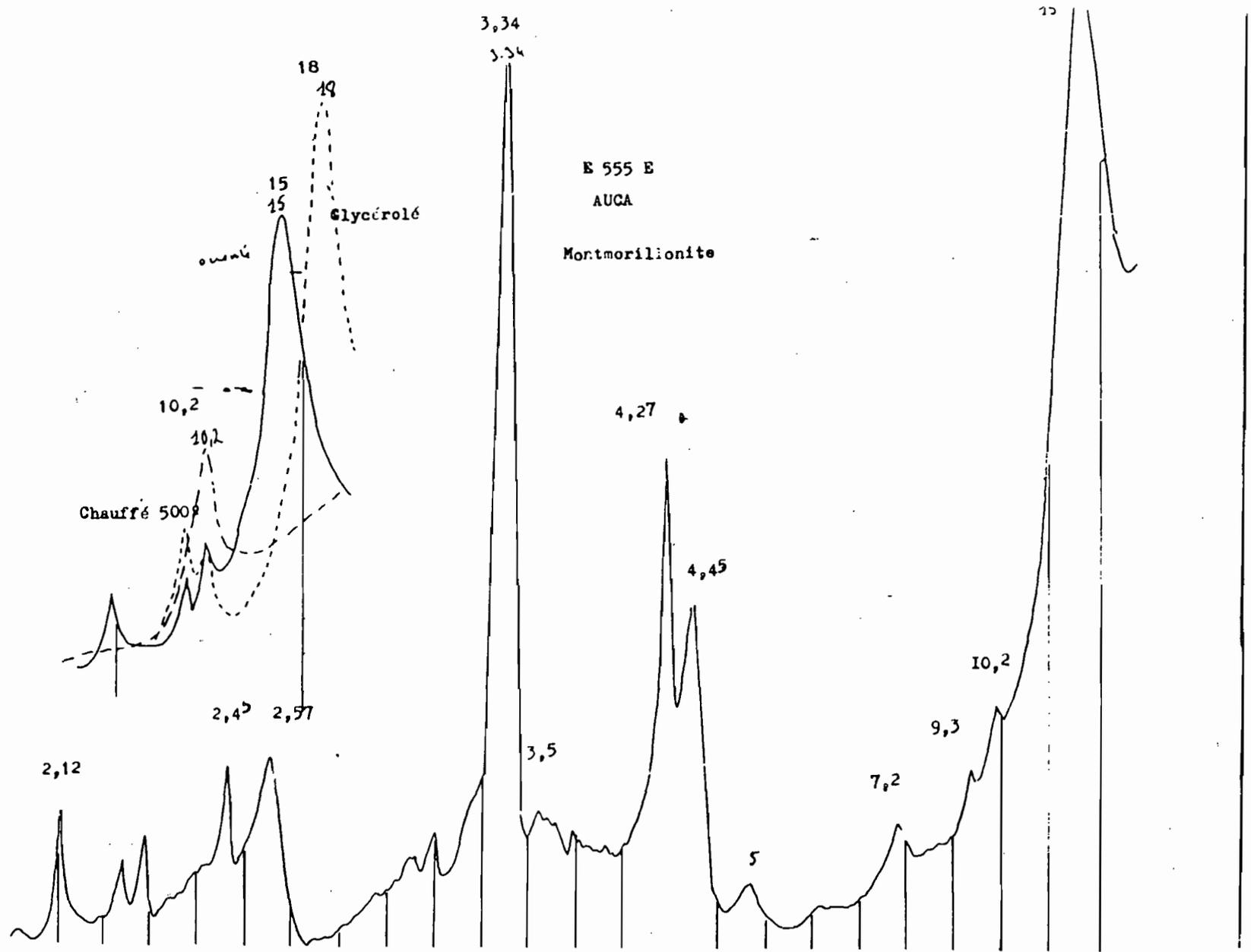
b: mont moulloumb - un jeu de Karunk ou fin long
Encre S'ellit

un jeu de base possible
bases possible d'horizont

c) - idem
un jeu d'horizont

d) mont moulloumb un fort jeu
bases de fin long ou metakalm
bases S'ellit
gibbri

108.



PAYS : EQUATEUR

REGION : FRANCISCO DE ORELLANA
ORIENTE

PROFIL : E 556

Altitude : environ 300 m

Nov. 1974

Roche mère : Argiles sédimentaires et formations de galets

Pluviométrie : Limon cocha: 255-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : 25^o moy. mens. max. absolu : 33^o - min. absolu : 18^o

Saison : Pluies fréquentes et violentes

Végétation : Forêt primaire

Modelé local :

Drainage externe :

Lieu : Au Sud de Rio Napo, sur la route de Francisco de Orellana vers les puits de pétrole d'Auca field au Sud.

Au carrefour de la route principale Nord-Sud et de l'entrée de la route vers l'Est du puit de pétrole Auca N°5.

Il y a de grands talus pour la route et l'oléoduc. Région de collines peu élevées, 30 à 40 m, mais très accidentées.

PROFIL -

0 - 2 Foutrage de racines avec de la matière organique brune intercalaire.

2 - 30 Jaune 7,5 YR 5/6
Argileux mais relativement friable sous la main, en agrégats et blocs de $\frac{1}{2}$ cm. Pas de luisances, quelques pores, encore quelques racines d'arbres - pas de réaction au FNa.

30 - 100 Orangé rouge 2,5 YR 5/8
Très argileux, très compact, plastique, se roulant bien, dur à creuser, collant aux outils mais adhérence modérée.

TALUS

100 - 200 Argile marbrée beige et rougeâtre, s'émiettant en blocs bien angulaires de $\frac{1}{2}$ à 1 cm
Transition rapide

200 à environ 500

Cette argile marbrée semble reposer avec une certaine discordance sur une formation beige grisâtre à verdâtre, argileuse, avec des galets, dont certains sont altérés, d'autres très durs.

Cette discontinuité est-elle due à un changement de nature de la roche mère ou à des glissements de terrain sur les pentes. ?

A la base de cette formation, les galets de 2 à 4 cm sont presque intacts.

Environ 500 à 700

En discordance horizontale très nette, apparaît une argile dure beige verdâtre qui a des faces conchoïdales très évidentes, peu hydratée - On y ramasse des morceaux blanchâtres aux contours irréguliers arrondis, de 2 à 7 cm, de calcaire - effervescent à l'acide - couleur 5 Y 4/I et 5 G 6/I

environ 700 - 800

En discordance, il y a à nouveau une argile brune violacée N 4 ou 5 Y 4/I très uniforme, qui s'émiette en petits blocs à faces très angulaires - Niveau bien horizontal

E 556 a = 0 - 10 b = 30 - 40 c = 500 - 700 d = 700 - 800 K = calcaire

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or 1/11°		
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ				
E556 a	0-10			-	-	-	-	-	-	4,6		
b	30-40			56,0	22,5	7,8	8,4	5,3		2,5		
c	500-700			-	-	-	-	-		-		
d	700-800			22,0	41,6	12,3	8,0	16,1		-		

No	Cations échangeables en mé p. 100					T me	SH			P ₂₀₅ mg/20	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau
a	0,58	0,70	0,22	0,08	1,58	16,5	9			0,52	3,9	4,3
b	0,14	0,30	0,14	0,08	0,66	22,4	3				3,8	4,5
c	44,0	9,9	0,42	0,26	(54,6)						7,1	8,4
d	37,4	10,7	0,52	0,24	48,8						7,2	8,6

N°	eau %											N mg/l	
a	53												269
b	53												147
c	15												-
d	19												-

no BEAUDRY - Marnac

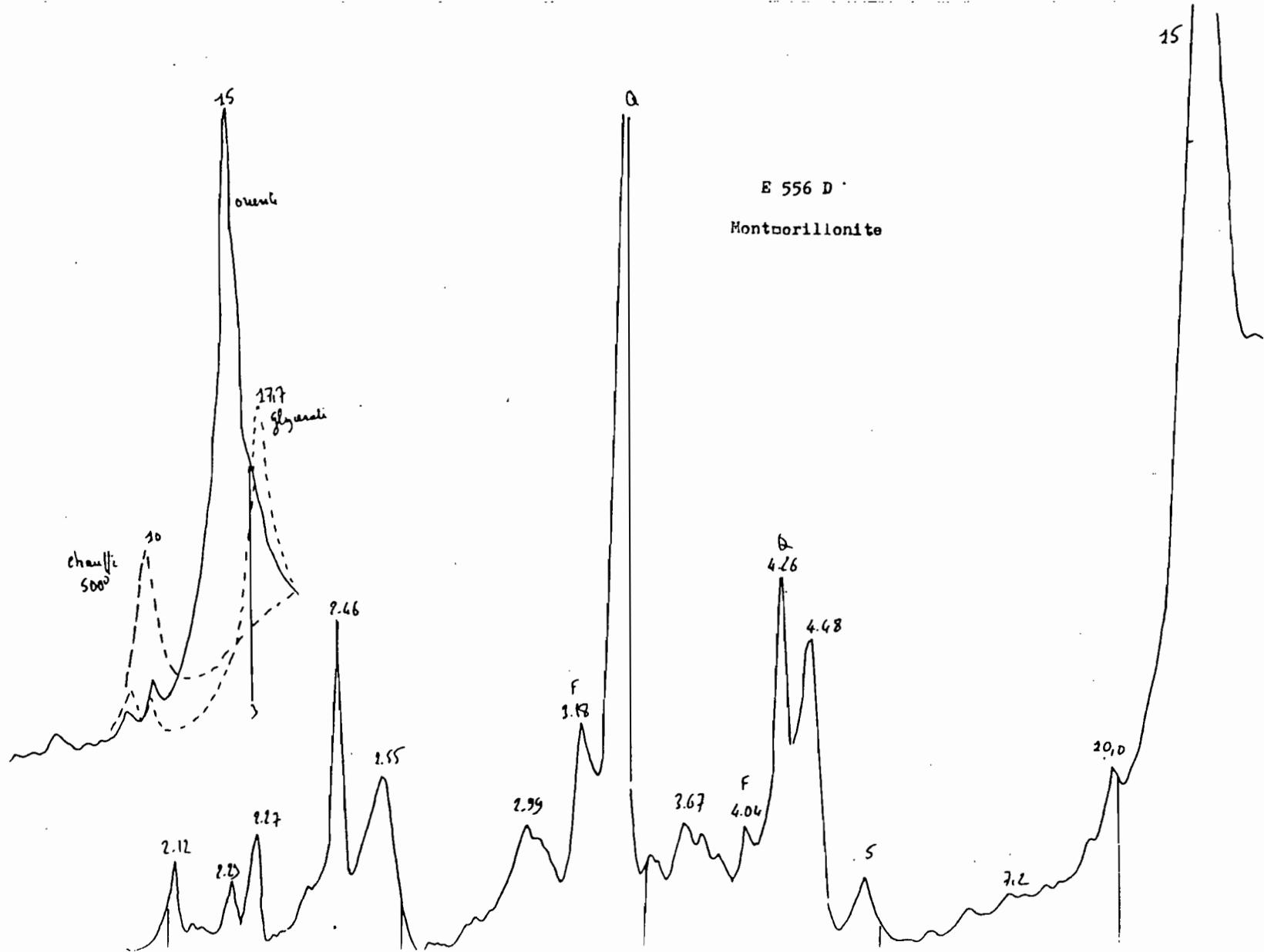
c: montmorillonite - un peu de illite

d: montmorillonite + illite

b: montmorillonite arg. mal cristallisée
 kaolinite en fin clay
 traces illite
 un peu d'hematite
 traces limon

c: montmorillonite - un peu de illite

d ——— .



III.

PAYS : EQUATEUR

REGION : FRANCISCO DE ORELLANA
ORIENTE

PROFIL : E 557

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : Sédimentaires - argiles et calcaires

Pluviométrie : Limon cocha - 253-222-240-337-331-206 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Moy. mens. 24°9 - max. absolu : 33° - min. absolu 18°

Saison : Quelques pluies.

Végétation : Forêt primaire

Modelé local : Pente assez forte, mais presque en sommet de colline

Drainage externe : Rapide

Lieu : Au Sud de Francisco de Orellana, vers les champs de pétrole d'Auca - Collines peu élevées mais à fortes pentes - avec des sols rouges -

A. 4 km au Sud de Culebra I, jonction de la route menant de Francisco de Orellana et de l'oléoduc.

PROFIL -

- 0 - 2 Jaune 7,5 YR 5/6
Feutrage de racines et humifère
- 2 - 20 Jaune 7,5 YR 5/6
Argileux, compact, plastique, peu adhérent, encore très légèrement humifère jusqu'à 10 cm - s'émiette assez bien
- 20 - 50 Rouge
Argileux, compact, plastique, dur à la sonde et à la bêche, peu adhérent, très uniforme, faces subangulaires, s'émiette en blocs de 1/2 cm - pas adhérent.
- 50 - 150 Argile marbrée rouge 10 R 4/6 avec des taches blanchâtres
se brisant en blocs à faces très angulaires - argile bien compacte, mais avec des parties plus friables et parfois un peu farineuses - Pas de réaction au FNa.

De 150 à 4 ou 5 m - TALUS -

Formations beige-verdâtre avec un litage plus ou moins apparent.

Ces formations d'argiles sédimentaires sont plus ou moins délitées - pas de galets

En profondeur, l'argile est dure, beige verdâtre, conchoïdale, dure à séparer en blocs à la bêche, les blocs sont angulaires - K avec des faces rougeâtres dans les fissures.

de 5 à 7 m dans le talus -

On remarque des saillies horizontales de parties plus dures faisant effervescence à l'acide. Calcaire grisâtre à fins éléments de 0,2 mm - 0,5 mm, plus ou moins altérés déjà.

a = 0 - 15 b = 50 - 100 c = argile dure vers limite K = calcaire

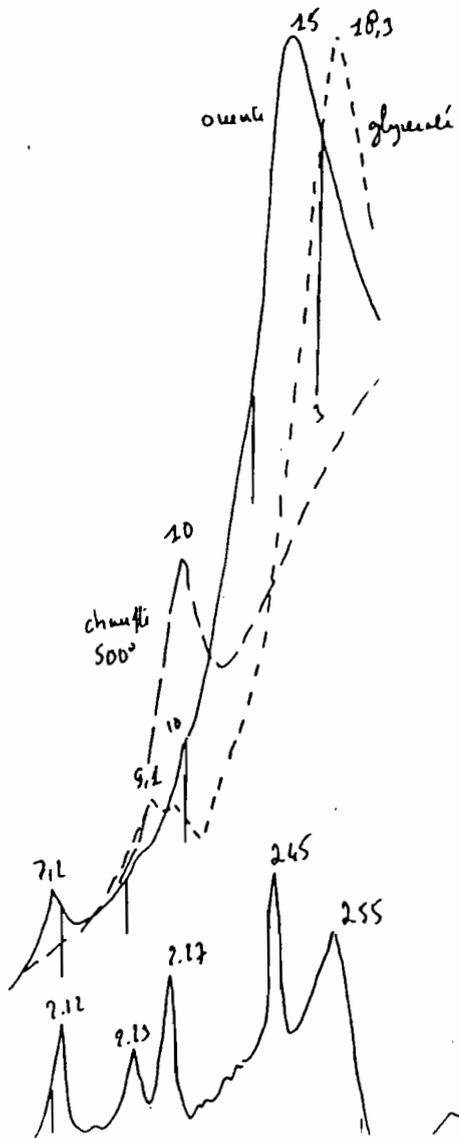
Echantillon N°	Profondeur cms	Hori- zon	Mode disp.	Argile %		Limon %			Sables %		Ma. Or x1/12 %		
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 750 µ					
E557 a	0-15			46.6	30.8	14.1	6.8	1.7	5,5				
b	50-100			40.3	36.9	17,2	5.3	0.3	1,8				
c	argile dure												
K	calcaire												
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T ce	S/T				pH		
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau	
a	1.43	0,22	0,24	0.10	2.0	-	-				3.7	4,4	
b	0,27	0.11	0,20	0,07	0,65	30	2				3.9	4,9	
c	8,63	6,0	0,32	0.10	15.0	50	50				3.7	5,2	
K											-	-	
N°	eau %										N mg/l		
a	71										318		
b	28										247		
c	33										-		
K											-		

ING. BEZALON - MATRUQUE

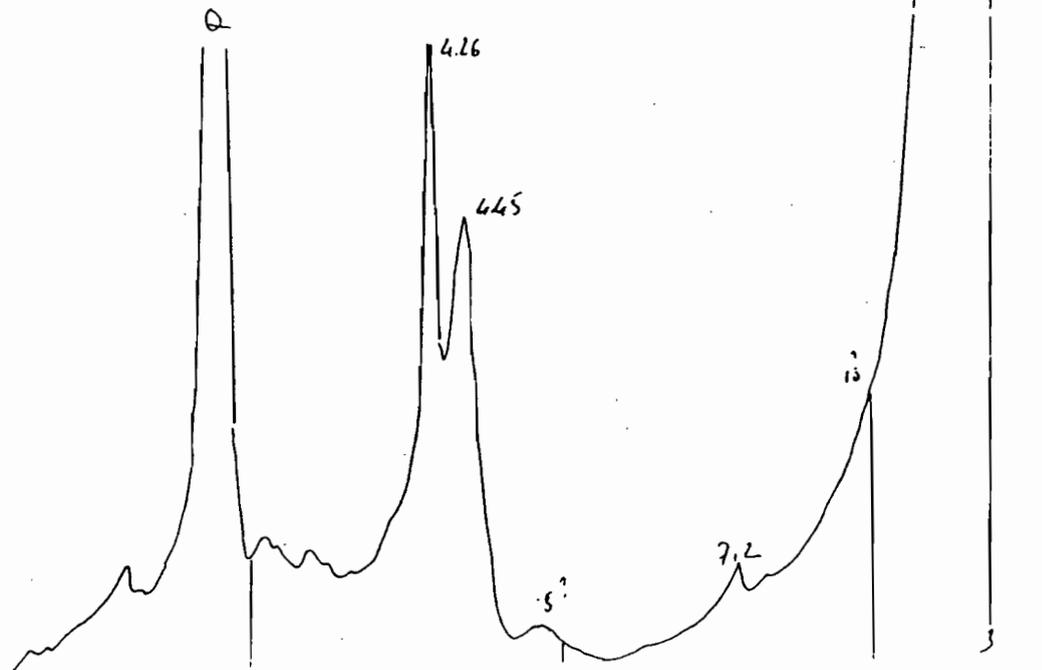
c : montmorillonite

b: montmorillonite
Kaolinite fine dans
laeselle
un peu de bentonite

c: montmorillonite



E 557 C
Montmorillonite



PAYS : EQUATEUR

REGION : FRANCISCO DE ORELLANA

PROFIL : E 558

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : Argiles sédimentaires

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : 29° moy. mens. - max. absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison : Quelques pluies

Végétation : Forêt primaire

Modelé local : Forte pente, mais ici presque au sommet

Drainage externe : Rapide

Lieu : Entre CULEBRA I (jonction de la route Ouest-Est de Francisco de Orellana et de la route Nord-Sud avec l'oléoduc vers les puits d'Auca) et Francisco de Orellana
Région de collines accidentées - A environ 9 Km de Culebra et 7 Km du pont sur le rio Napo.

Près du rio Napo, ces collines alternent avec des étendues planes à sable grossier noir qui est de carrière pour la route.

PROFIL -

- 0 - 2 Feutrage de racines avec en intercalaire un peu de matière organique décomposée.
- 2 - 100 Rouge dès le début 2,5 YR 4/8, jusqu'à 20, puis 10 R 4/6 de 20 à 100
Argileux, compact, plastique, peu adhérent, structure d'ensemble continue - Faible réaction FNa ou nulle a et b
Cette argile s'émiette assez bien sur 10 cms puis est très compacte plus en profondeur
- 100-300 Argile marbrée rouge, beige, violacée, se brisant en blocs angulaires
- 300-600 Strates de matériau originel, plus ou moins réhydraté, gris verdâtre uniforme
- 600-800 Argile verdâtre et brune violacée 10 R 4/1
dure, se brisant en blocs subangulaires - pas d'effervescence à l'acide

a = 0 - 15 b = 30 - 40 K = 6 à 8 m

K: montmeuille

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or ±17%		
				< 2 µ	2 à 50 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 750 µ				
5558 a	0-15									5,9		
b	30-40									3,0		
K	600-800											

No	Cations échangeables en mé p. 100					T _{ce}	S/T			T ₁₆₅ / 1000 mg %	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau
a	0,5	0,33	0,27	0,06	1,25	20,9	6			1,04	3,7	3,9
b	0,16	0,08	0,14	0,06	0,44	18,4	2				3,8	4,4
K	27,7	7,1	0,41	0,46	35,7	52	69				4,9	6,0

N°	eau %											N mg %	
a	67												143
b	55												175
K													-

LABORATOIRE

K: mon mouillage.

b: max mouillage
 Kaolinite ou fñ clay
 un peu de calc
 bases d'élite

PAYS : EQUATEUR

REGION : FRANCISCO DE ORELLANA

PROFIL : E 559

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : Alluvions de cendres

dupuis.vitandem

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-286 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : Moy. Mens. 25° - max. absolu : 33° - min. absolu : 18°

Saison : Quelques pluies

Végétation : Bananeraies et manioc, patates, sur défriche récente non labourée avec encore les arbres abattus et les souches

Modelé local : Plat

Drainage externe : lent

Lieu : Au Km 10 depuis Francisco de Orellana vers le Nord, en longeant la rive occidentale du rio Coca.

A part quelques collines de sols rouges près de Francisco de Orellana, la région est ^{très} très plane avec des sols sableux, parfois grossiers aux abords de la rivière. Sables volcaniques

PROFIL -

- 0 - 20 Bien humifère, brun foncé 10 YR 2/2
Sable fin, un peu limoneux, nettement onctueux, assez savonneux, beaucoup de racines bien agrégé - Forte réaction FNa, mais lente
Transition rapide
- 0 - 150 Beige 2,5 Y 4/2
Sable moyen, à peine onctueux - particulière, peu humifère, faible réaction à FNa
a = 0 - 15 b = 40 cm

D.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Coca-ouca

PROFIL N°: E559

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or x 177 %			
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ					
E559 a	0.15									8,0			
b	40									1,8			

N°	Cations échangeables en mé p. 100					T. fin				P ₂₀₅ mg %	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau
a	8,4	0,96	0,21	0,10	9,6	27,5				8,3	5,5	6,0
b	1,1	0,12	0,11	0,06	1,4	3,8				10,8	5,2	5,8

N°	eau %	pH											N mg %
a	56	46,4											465
b	18	26,0											105

IND. SEZALON - Methode

PAYS : EQUATEUR

REGION : SHUSHU FINDI

PROFIL : E 560

Altitude : environ 300 m

Date : Nov. 1974

Roche mère : Alluvions issues de cendres

duplic. vit. conf. env.

Pluviométrie : Limon cocha : 253-222-240-337-331-206 = 234-200-219-273-275-187 = 3060 mm

Température : 25° moy. - Max. absolu : 33° - min. absolu 18°

Saison : Quelques pluies

Végétation forêt primaire

Modelé local : Bien plat

Drainage externe : lent

Lieu : Au Sud de Shushu Findi - vers Francisco de Orellana - Région bien plane - 6 Km au Sud de Sacha Norte et à 11 Km exactement au Sud du carrefour vers Shushu Findi à 30 Km du rio Aguarico - Km 28 sur l'oléoduc.

PROFIL -

- 0 - 5 Foncé IO YR 3/2 à 2/2
Sableux, onctueux, savonneux entre les doigts - Sable finement limoneux et bien organique - beaucoup de racines
- 5 - 15 Plus clair, légèrement IO YR 4/3
Sableux, moyen 0,2 mm, encore un peu onctueux entre les doigts, mais plus sableux, encore quelques racines abondantes - Réaction FNa lente, mais nette 30°
- 20 - 220 Sable beige IO YR 4/1 à 5/1
De plus en plus clair en profondeur à partir de 60 cm - Sable moyen à grossier, pratiquement pur, identique jusqu'à 220 cm - sondage - pas d'eau - sable beige avec des minéraux noirs - nette réaction FNa

a = 0 - 15 b = 40 cm c = 100 - 120

Densité apparente à 30 cm - dans le sable et une à 10 cm

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Coca-Lugo Agric PROFIL. N°: E560

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori- zon	Mode disp.	Argile %					Ma. Or + 177%	eau	D. A.	eau
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 2000 µ				
E560 a	0-15								6,4			
b	40								1,8	10	44	
c	100-120								0,75	30	28	
N°	Cations échangeables en mé p. 100						T _{fin}			P ₂₀₅ T _{total} mg%	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau
a	8,55	1,06	0,25	0,10	8,0	24,9				23,0	5,4	5,8
L	1,32	0,24	0,15	0,06	1,8	7,1				17,6	5,2	6,0
C											5,4	6,3
N°	eau %	η _{F3} fin									N mg%	
a	49	35									374	
b	23	13,6									104	
c	11.	5,1									43	

Dr. BEAUDIN - Martinique

PAYS : EQUATEUR

REGION : BAEZ-LAGO AGRIO

PROFIL E 561

Altitude : 300 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : Cendres alluviales

dup'randez

Pluviométrie : 3 mètres

Température : 25 °

Modelé local : Plat

Drainage externe : lent

Végétation : Forêt à palmiers avec quelques défrichements

Lieu : Route de Lago Agrio vers Baez - à 6 Km.

La région est bien plane, avec parfois quelques légères éminences de sol rouge et des parties un peu marécageuses à palmiers - D'après les paysans; jamais inondé et nappe d'eau vers 1,5 m.

PROFIL -

- 0 - 10 Bien humifère 10 YR 2/2
Beaucoup de racines, limoneux, onctueux, spongieux, bel allophane
- 10 - 20 Beige 10 YR 3/2 à 4/2
Limoneux, onctueux, bien allophanique, cohésion nette, mais faible, encore quelques racines - Nette réaction FNa - rouge sang
- 20 - 50 Beige jaune 10 YR 4/4
Limonoux, onctueux, doux, allophanique avec peut-être un peu d'argile (le sol était gorgé d'eau) - Nette réaction FNa.
- 50 Nappe d'eau due aux pluies violentes de la nuit - même couleur 10 YR 4/6
Pas de taches d'hydromorphie, un peu argileux nettement, quelques sables grossiers.

E 560 a = 0 - 15 b = 25 - 40

Densités apparentes : 2 à 25 cm

Donc allophane avec un peu d'argile en profondeur

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS: Equateur

REGION: Lago Agrio Bary PROFIL N°: E561

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori- zon	Mode disp.	Argile %		Limon °°		Sables °°		Ma. Or ± 177°°	Prof cm	O. A.	can
				< 2 µ	2 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 200 µ	200 à 700 µ					
E561 a	0.15									11,2			
b	25.40									6,7	25	0.65 0.65	101
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T					Plo5 Finog mg/°°	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S							KCl	eau
a	2,06	0,75	0,38	0,13	3,32						1,04	4,8	5,0
L	0,55	1,42	0,18	0,14	2,29							5,2	5,5
N°	Ca	Mg	K	Na	S	T						N	
	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°	mg/°°
a	131	105										654	
b	110	93										390	

100 BEZARDON - Metz

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO - BAEZ

PROFIL : E 562

Altitude : 350 à 400 m environ

Date : Nov. 1974

Roche mère : Cendre

dependenz

Pluviométrie : 3 m

Température : 25°

Modelé local : bien plat

Drainage externe : lent

Végétation : bananeraies et divers sur défriche assez ancienne

Lieu : Route de Lago Agrio à Baez au Km 22. Région bien plane - Forêt primitive de palmiers.

PROFIL -

- 0 - 15 Humifère IO, YR 2/2
Limoneux, doux, onctueux, savonneux, activité animale intense, véritable terreau -
s'émiettant bien - beaucoup de racines - Nette réaction FNa - 15"
- 15 - 25 Beige un peu jaune un peu plus clair mais encore assez foncé et humifère
Limoneux, doux, encore onctueux, légère cohésion allophanique, mais faible
- 25 - 70 Beige verdâtre 2,5 Y
Sableux, peu ou pas onctueux - sable moyen, cendre - particulière, pas de taches
d'hydromorphie, nette réaction FNa - 30"

a = 0-15

b = 30 - 40

Densités apparentes à 15 cm

O.R.S.T.O.M.-Antilles

PAYS : Equateur

REGION : BAEZ-Lago Agard PROFIL N° : E562

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %					Ma. Or 1/1000	P ₂₀ of cm	D.A.	eau
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 700 μ				
E562												
a	0-15								10,9			
b	30-40								1,84	15	0,72	81
N°	Cations échangeables en mé p. 100						T _{fin}			P	pH	
	Ca	Mg	K	Na	S						KCl	eau
a	6,90	1,67	0,21	0,08	8,86	21,2				0,9	5,4	6,0
b	0,55	0,07	0,11	0,06	0,79						5,4	6,0
N°	eau %	p ₂₀ fin									N _{mg} %	
a	96	75,3									633	
b	44	10,7									107	

BEAULON - Matras

PAYS : EQUATEUR

REGION : LAGO AGRIO - BAEZ

PROFIL : E 563

ROCHE MERE : Cendres

Date : Novembre 1974

Altitude : 400 m

Hydrantent

Pluviométrie : 3 m

Température : 25°

Modelé local : Plat

Drainage externe : Lent

Végétation : Bananeraies sur défriche avec encore les souches et les arbres abattus

Lieu : LOMBAQUI - Parties planes qui s'étendent sur environ 10 Kms et 1 à 2 km de large
Carte Rio Aguarico - Au Km 58,5 sur l'oléoduc et au Km 61 de Lago Agrio sur la route
(Finca) - Région bien plate sur plusieurs kilomètres - Hydrandeps

PROFIL -

- 0 - 5 Foncé, brunâtre IO YR 2/2
Limoneux, onctueux, très humide, spongieux - un peu grumeleux sur 5 cm - allophane très hydraté - beaucoup de racines
- 5 - 10 Encore assez foncé IO YR 3/2 à 4/2
Limoneux, onctueux, très allophanique, fortement hydraté - Structure d'ensemble continue - Hydrandeps - cohésion allophanique très nette - Réaction FNa forte, rouge sang, mais assez lente.
- 20 - 70 Plus jaunâtre IO YR 5/4 et un peu clair 5/6 en profondeur
Limoneux, onctueux, doux, savonneux, plus foncé écrasé 3/3 - Cohésion allophanique très forte, mais s'émiette bien avec pression - faces légèrement angulaires - quelques nodules allophaniques durcis, de même couleur, un peu dur à écraser - Nombreux minéraux noirs - légères veines rouilles d'hydromorphie - quelques pores - quelques nodules de cendres grisâtres peu altérés - Forte réaction au FNa, rouge sang - A 30 et 70 cm de profondeur -

a = 0 - 15

b = 30 - 50

c = 70 cm (faire DA sur les blocs)

Densités apparentes : 2 à 25 cm

Echantillon N°	Profondeur cms	Hori-zon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or N 117 %	Prof. em	D. A.	can
				< 2 μ	2 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ					
E563 a	0.15									18,0			
b	30.50									5,9	25	0.33	190
c	70									3,8		0.42	173
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T. fin				pH	KCl	eau	
	Ca	Mg	K	Na	S								
a	1.43	0.10	0.29	0.08	1.90					< 0.2	4.4	4.7	
b	0.38	0.12	0.17	0.08	0.75	50.2					5.0	5.2	
c	0.19	0.06	0.11	0.06	0.42						5.6	5.5	
N°	eau %	grs fin									N mg/l		
a	239	299									1050		
b	189	160									569		
c	167	149									381		

C: amythe
un juro de gibbrite

PAYS : EQUATEUR

REGION : BAEZ

PROFIL : E 564

Roche mère : Cendres

Date : Nov. 1974

Altitude : 1900 m

hydrantent

Pluviométrie : 3 à 4 m

Température : 25°

Modelé local : Légère pente - un peu ondulé

Drainage externe : Modéré

Végétation : Pâturage très humide et forêt rabougrie à épiphyte très humide

Lieu : Sur la route de Baez, au Sud de Baez, vers Lago Agrio à 6 Km.

Il s'agit d'une vallée de quelques centaines de mètres de largeur (800) entre les versants montagneux très en pente - Sols allophane très hydratés, hydrandepts portant une végétation de prairie et de forêt caractéristique des régions hyper-humides - Ce type de paysage est peu répandu, et, en général, ce sont ici les versants montagneux en fortes pentes

PROFIL -

0 - 5 Foncé - 10 YR 2/2

Extrêmement spongieux, limoneux - bien humifère, un peu agrégé, cohésion due aux racines très abondantes du pâturage - hydrandept.

5 - 15 Grisâtre foncé - 10 YR 3/2 à 4/1

Cohésion allophanique très forte, il faut une pression nette pour faire éclater les blocs.

Limoneux, onctueux, spongieux, savonneux, quelques pores, quelques légères taches rouilles d'hydromorphie, près des racines, mais peu nombreuses - quelques poteries
Réaction FNa lente mais nette

Transition rapide

15 - 50 Jaune beige 10 YR 5/4

Allophane, onctueux, savonneux, cohésion allophanique forte, mais moins que de 5 à 15 cm, très allophanique - très hydraté - assez spongieux - Réaction FNa très forte, rouge sang - encore des racines jusqu'à 30 cm, pas de taches de rouilles - encore quelques racines jusqu'à 30 cm - quelques noyaux grisâtres de cendre dure et 1 ou 2 cailloux basaltiques transportés émoussés.

50 Quelques veines rouilles en profondeur et le sol semble devenir nettement peu argileux, très humide - la couleur est un peu plus claire, quelques cailloux. S'agit-il d'une évolution ou d'un sol enterré (cf. s'il s'agit d'halloysite

a = 0 - 15

b = 30 - 50

c = 60 cm

Densités apparentes : 2 à 30 cm

I à 10 cm

Echantillon N°	Profondeur cms	Horizon	Mode disp.	Argile %		Limon %		Sables %		Ma. Or < 177°	Pinf cm	D.A.	eau
				< 2 μ	2 à 5 μ	5 à 20 μ	20 à 50 μ	50 à 200 μ	200 à 2000 μ				
E 564	a	0.15								10,5	10	0.65	10 ±
	b	30.50							6,3				
	c	60									25	0.76 0.70	86
N°	Cations échangeables en mé p. 100					T						pH	
	Ca	Mg	K	Na	S							KCl	eau
a	1.32	0.18	0.24	0.10	1.84							4.7	5.1
b	0.22	0.04	0.14	0.10	0.50							5.2	5.4
c	0.38	0.05	0.25	0.14	0.82							5.5	5.8
N°	eau %	η _{sp} /c										N mg %	
a	102	89.5										612	
b	94	80.5										364	
c	95	88.7										-	

110 BEAUDIN - MONTROSE

e: amorphe
 un peu d'halocytite
 bases méta-halocytite
 bases sulfurées

IV/-/ Cartography of the soils in the sierra of Ecuador /
and derived interpretive maps /
/ méthodes and objectives /

ORSTOM-Antilles for the Programa de Regionalizacion
Agraria PRONAREG of the Ministry of Agriculture.
(Convenio MAG-ORSTOM) Quito (Ecuador), 1979, july
10 pp.

F.COLMET DAAGE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 102 A

CARTOGRAPHY OF THE SOILS IN THE SIERRA OF ECUADOR
AND DERIVED INTERPRETIVE MAPS
METHODS AND OBJECTIVES

INTRODUCTION

In 1974, the Ministry of Agriculture in Ecuador asked ORSTOM for technical assistance in making soil maps. These maps are part of a program for agricultural regionalization and planning. These studies were done for the National Program for Agrarian Regionalization -PRONAREG- of the Ministry of Agriculture of Ecuador.

It was important to complete this work as soon as possible, so that it could be integrated into the entire PRONAREG research, which includes sections in economics, human geography, hydrology, and others and studies from other Ministries and other Departments in the Ministry of Agriculture.

The maps done on a 1/50 000 scale are not uniformly accurate. Marginal zones, which are often zones with very steep slopes, were mapped in less detail, and less field work was done, than for the zones currently being cultivated or suitable for farming.

The lack of aerial photos for some regions slowed down our work. The photos taken in the last two years allowed the completion in 1980 of the last of the 155 maps of the Sierra on a scale of 1/50 000.

THE RELIEF

The Ecuadorian Andes consist almost entirely of two parallel mountain chains.

The summits are very high in the north and center of the country, and lower in the south.

The inter-Andes Valley is situated between these two mountain chains, with an altitude of 2 000 to 3 000 meters throughout the northern and central part.

There are several parallel mountain chains in the south.

HYDRIC REGIME OF THE SOILS - RAINFALL

Rainfall can vary enormously over short distances. Normally the slopes which receive the ascending winds from the coast or from Amazonia are very wet.

In the leeward regions, on the other hand, rainfall drops off markedly. Thus, over a very short distance, there are soils from semi-arid regions with secondary calcium carbonate accumulation, and soils from wet regions which are very acid and very low in base saturation.

The climate is the essential factor in the variation in soils. The meteorological stations, however, are located near the towns, usually in the valleys of the driest regions. As the variations in rainfall, temperature, and cloud cover are generally so great over such short distance, a virtually impossible number of meteorological stations would be necessary in order to measure the variation accurately.

We have, therefore, related the properties and characteristics of the soils to the climates which influenced the formation of these soils. To compensate for the lack of data from the meteorological stations, the soils specialist must gather all possible information about the soils (considering, as well, the vegetation) and from that, determine the hydric regime of the soil throughout the year.

By studying the soil and establishing soil maps, the variations in climate can be ascertained with much more precision than by simply extrapolating the data from the meteorological stations.

In a country where the climates are so dissimilar, it is indispensable to know the hydric regime of the soils in order to use the soil maps.

The classes of the hydric regimes of the soils are in accordance with those of the Soil Taxonomy, although the distinctions cannot be as precise as those based on data from stations in regions of uniform climate. The extreme diversity and the huge variations in hydric regimes over very little distance justify this procedure. Greater accuracy would be impossible and unnecessary. Recent data obtained by computer correlates with that from all the climatological stations (SCS Washington).

All the morphological characteristics, the soil properties, and data concerning the mineralogical type of clay minerals are interrelated and help in establishing the hydric regime of the soils. Natural vegetation and the farming system are also taken into account and correlated with the soils.

Thus, calcium carbonate mycelium in volcanic ash soils is a clear sign of aridity. Through the degree of base desaturation in the various horizons, the accumulation of organic matter, as well as soil temperature, one can determine whether wetness is due primarily to low evapotranspiration following heavy cloud cover, or to abundant rainfall, etc...

The presence of an argillic horizon, its thickness, and the amount of coatings are also taken into consideration, as is the hydration of allophane soils, etc...

A series of climo-sequences of the soils, based on the properties and characteristics of the soils can thus be established. An effort was made to give the maximum precision of soil properties and characteristics.

Case of soils of the same age

The climo-sequences can be determined rather easily when the ash deposits uniformly cover a region, most often following the last glaciation.

Fine ash weathers faster than coarse ash. Similarly, organic matter accumulates more quickly in the case of fine ash than for very permeable, coarse sand. With only a few years of irrigation, for example, the fine sand of volcanic ash turns into a mollic horizon while coarse sand changes very little.

It is therefore necessary to distinguish between ash constituted of coarse, medium, or fine sand, in order to establish the climo-sequences and understand the relationship between the climate and the soils.

As the soil age, fine mineral fraction become finer and more prevalent : halloysite clay or allophane which feels silty, even though it is really a pseudo-silt, with a degree of hydration that varies considerably with the climate.

Case of very old soils

Some soils in the south of the Sierra are very old, and are the product of weathering, followed by transformation, over very long periods of time.

The current climate cannot be determined from them. Some red soils with kaolinite and iron hydroxide, which are very poor in elements utilized by plants, exist in regions which are, however, now relatively dry. Such soils have become extremely stable, unchanging with time.

Indications of the present climate may almost always be found, however, by examining the still-evolving soils on the parts that were eroded or rejuvenated by erosion.

Erosion can have scraped away everything to the unweathered parent material, or only affected the upper levels, exposing the weathered horizons of various depths. A whole range of new soils have formed, which reflect the present climate.

Thus, some very old red soils are close to the mollisols or vertisols, with or without calcium carbonate accumulation, formed on the material less exposed by erosion. These residual red soils are always found in sites protected from erosion; their continual presence is proof of that.

SOIL TEMPERATURE - THERMIC REGIME

Soil temperature and estimation of the thermic regime are much easier.

At the latitude of the equator and above 2 000 meters altitude, the soil temperature at 50 or 100 cm depth varies hardly more than 1°C. throughout the year.

When the altitude drops below 2 000 meters, soil temperature seems to vary a little more during the year.

Temperature is measured by a thermometer inserted into the freshly-opened furrows, or by core sample with an auger. We did this systematically for all the profiles.

The temperature of the soil gives fundamental information about the soil, as important as various mineralogical and chemical tests. Soil temperature, considered in conjunction with other tests and field observations, gives a very good indication of exterior temperature as well as cloud cover and evapotranspiration.

The soil temperature on one side of the slope can be very different from the other side, at the same latitude. The temperature is much lower on the cloudy, rainy side than on the other, drier, sunnier side, at the same altitude.

Above a certain altitude, morning frosts can be dangerous for crops at various times of the year or even all year long.

Choice of temperature limits

The thermic regimes are divided by temperature, based on our experience and observation.

No crops grow when the soil temperature drops below 10° C at 50 cm depth. This is a precise and impressive measurement, and clearly establishes the limit for crops such as potatoes and beans (habas) that grow at the highest altitudes.

Is this limit due to the real soil temperature which inhibits microbe activity, or is it a reflection of the low, exterior temperature which with its frequent morning frosts, would make cultivation impossible? Although we can't reply with certitude, the second hypothesis seems more probable.

13°C soil temperature at 50 cm depth also represents a limit, for the color of ash soils changes considerably. Above 13°, they are blackish-brown (chroma 2 or >2) and turn black (chroma 0 to 1). When the temperature goes under 13° the natural vegetation and the type of farming also change (corn disappears, etc...).

Lastly, the less exact 21-22°C soil temperature is the limit between tropical and temperate crop regions. Virtually only sugar cane and some citrus fruits can survive lower temperatures.

Measurement of soil temperature, therefore, would appear essential. In some regions, crop-growing ceases at 3 200 meters; in other regions, at 3 800 meters. It depends on the region and on the temperature.

Designation of temperature regimes

We have kept the same names used in the Soil Taxonomy, even though the temperature limits are not the same.

Isofrigid corresponds to less than 10°C, instead of 8°, as in the American system. Dr Guy Smith, when he was in Ecuador, approved of this modification.

Isoesic corresponds to 10-13°C soil temperature in the depths, instead of 15° in the Soil Taxonomy.

Isothermic corresponds to soil temperatures between 13° and 21-22°C.

Isohyperthermic corresponds to soil temperatures in the depths exceeding 21-22°C, as in the Soil Taxonomy. There seem to be more annual variations at lower altitudes than at high altitudes, and thus, the limit is less precise.

For some soils, at certain times of the year, the temperature has no particular meaning. This is true for vertisols and very clayey soils which crack deeply in times of drought. As the air can circulate freely, the soil temperature quickly takes on the air temperature with no soil-buffer effect. Moreover, it is impossible to insert a thermometer in the majority of clayey or gravelly soils when they are dry.

Very coarse sand or gravelly soils are dry to a certain depth most of the year, even in wet region. These soils thus get very hot, especially black ash, and the temperature should be measured at the greatest depth possible.

In general, we measured temperatures at 50 and 100 cm. Normally, there is little difference between the two depths.

THE SOILS AND THE CARTOGRAPHIC UNITS (Resume only, for details see study)

Soils or the cartographic units are designated by letters and put into relatively coherent sets, although the latter is not essential.

The sets have capital letters. The following small letter distinguishes between various soils or cartographic units within the sets.

The letters were chosen arbitrarily.

Any soil difference which might modify a soil's suitability for agriculture, and consequently be indicated on the aptitude maps, was taken into consideration and duly noted.

With our cartographic unit thus defined, it can fit into various levels of the Soil Taxonomy classification, such as family, group, series, phase, etc... even though ours is independent of the Soil Taxonomy.

Some of our cartographic units or sets are quite like those in the Soil Taxonomy, while others are rather different. It is important to know what the cartographic unit corresponds to, which will not change, regardless of eventual modifications in the Soil Taxonomy.

We have made an effort to avoid associating dissimilar soils to make aptitude maps so that those who use the soils maps will not have difficulties. When necessary, we have indicated the approximate percentage of each of the associated soils.

In other cases, we only indicate the soil which is the most important for agriculture, disregarding others which are less prevalent.

When, from an agricultural point of view, the two associated soils are very different, we underline once the letter of the more common soil which should be given preference on the aptitude maps.

A third small letter indicates various characteristics, such as pumice gravel or intercalations of pumice layers in volcanic ash soils. There are three classes: x, y, z.

Similarly, the state of base saturation of the red or yellow clayey soils is indicated by x, y and z, when the base saturation is low.

Pepples "r" and rocks "R" scattered in the soils are also indicated, when this is not a permanent characteristic included in the capital letter.

SURFACE RELIEF, SLOPES, MORPHOLOGY

The surface relief (slopes) is determined from aerial photographs subjected to stereoscopy, and completed by checks in the field.

Numbers from 1 to 7 are used, with the mechanization of agriculture and erosion in mind. Thus, while class 3 resembles class 2, the microrelief, bumps, etc... can hinder the passage of certain machines.

The change from one class of slope to another is often progressive, for not all slopes are regular.

Consequently, the change from one class of slope to another is not absolutely precise.

This is, however, the only workable method. An observer can only judge a slope on the slope itself; judging the slope from another place leads inevitably to error.

The contour lines of the topographical maps at 1/50 000, when they exist, give rather faulty information about regular slopes, and are definitely misleading when the slope is irregular, bumpy, full of ravines, or has other marked variations in the surface.

If the land poses problems for the mechanization of agriculture, a zone, or part of a zone, may be put into a steeper-slope class. On the other hand, if the slope is especially uniform, it may be included in the lower-slope class (up to 50% instead of 40% ; 25% instead of 20%).

We have used 7 classes instead of only 3 or 4. This seems more practical to us : the differences between classes are less marked and the consequences for agriculture are less serious.

All class 7 zones, that is, over 70% slope, are considered a priori as inadapted to agriculture and difficult for loading timber (except if there is a road, for example, on the low part of the slope). Sometimes coffee trees grow on these slopes, though.

Class 6 has slopes of either 50% or 40% , depending on whether the microrelief is regular or irregular. In the case of relatively deep soils, this distinction (regular/irregular) is useful for Ecuador, as for the French West Indies, since some crops are grown on very steep slopes.

When the soils are shallow and very eroded, class 6 is sometimes considered as class 7, since nothing can be grown there.

SOIL SETS

The soils of the Sierra are extremely diverse. We therefore thought it best to do the same thing here as we did with the French West Indies soils: that is, to group the cartographic unit by main soil characteristics. They represent varied levels of classification in the Soil Taxonomy—often the level of "series"; but what is important is that the cartographic unit be clearly defined. The relationship to the set itself is secondary, and may even be rather vague sometimes. This way of organizing the cartographic unit, however, gives an overall view, a synthesis of the situation, from the first glance at the map.

Very simplified :

In all the C soils, the cangagua, or ash cemented by silica, which is very hard, occurs at less than 1 meter depth (durustoll, duriudol, etc...).

All the J soils are non-allophanic, sandy soils on ash (psamtept, vitritropand).

All the H soils are ash soils with silt, usually high in exchangeable bases, and with less than 30 % clay minerals. In these soils, halloysitic and montmorillonitic clay minerals develop progressively. This is the opposite of the M soils, which have horizons of more than 30% clay minerals within the first meter of depth; and the D soils, which are basically composed of allophane, and are lower in base saturation. Most of H & M are mollisols and, D, andisols.

The W, V, and U soils correspond to vertisols or to vertic soils, rich in montmorillonitic clay minerals, which swell and shrink.

In contrast, the I soils have a predominance of montmorillonite, but they are red, colored by iron hydroxide which partially hides the montmorillonite. Moreover, the montmorillonite is often unstable, with the liberation of alumina and considerable acidity, depending on the place. This weathering of montmorillonite is more pronounced in the K soils, which sometimes have a good deal of illite. The G soils, which are very compact and structured, with a predominance of kaolinite, already belong to the ferralitic soils, at least this is true for some of them. These contrast with the F soils which are often very friable (some are oxisols); and the E soils which are compact, ferralitic soils. In these very clayey soils, recognizing the argillic horizon is often difficult and deceptive. I, K, G, E, are tropudalf or tropudult, o tropept; some of F, oxisols.

On the steep slopes, there are frequent landslides, collapsing, changing, mixing of relatively evolved soils with more recent weathered layers, rejuvenation of soils, etc... all this occurring heterogeneously. The argillic horizon which is distinct in one place no longer shows up only a few meters away. The L set contains these rejuvenated soils; almost all of them are composed of montmorillonite and various elements already weathered or in the process of weathering (tropept and tropudalf).

Set S is made up of usually shallow, eroded soils without differentiated horizons. The consequences for agriculture, however, vary enormously depending on whether the shallow soils are on hard material; clay minerals; sedimentary molasse which is more or less rehydrated; or deep sandy weathered layers developed from relatively loose ferralitic soils. There are very different kinds of soils in this group which cannot be mapped on this scale: for example, remains of red soils in places protected from erosion, located close to very shallow, eroded soils. Most of them are orthent.

The T soils are alluvium in the valleys with an underground water level. The A soils are organic soils, etc...

As was already mentioned, the set or cartographic unit can be integrated into the various levels of the American classification; or be considered separately.

For soils on ash in the Sierra, both for the Soil Taxonomy and for soil cartography, it is essential to know if there is an argillic or a mollic horizon, or neither. For clay soils derived from other sedimentary or metamorphic material or from former volcanic activity, the distinction between soils with an argillic horizon or without one is:

- especially difficult to determine (case of the very clayey soils)
- or deceptive (case of the soils on steep slopes, which have often been modified by sliding).

Some people think that the Soil Taxonomy attaches too much importance to the mollic epipedon and the argillic horizon, but in making soil maps for the soils derived from volcanic ash in the Sierra, both of these horizons are essential. The limit of 50% base saturation indicates, remarkably well, the presence of halloysite (mollisols) or allophane (andisols).

Within each group, the soils are first classed by temperature regime : Isofrid (less than 10°C) , Isomesic (10 to 13°C), Isothermic (13 to 21-22°C), and Isohyperthermic (above 21-22°C).

They are then classed, when possible, by hydric regime and decreasing wetness of the soils:

- | | | |
|--------------|---|--------------|
| perudic | - soil wet all year long | } simplified |
| ujic | - soil is dry less than 3 months a year | |
| ustic | - soil is dry 3 to 6 months a year | |
| ustic-aridic | - soil is dry more than 6 months a year | |

As was already mentioned, these hydric regimes are basically determined by the characteristics of the soils, which we have tried to measure. Naturally, the vegetation is also taken into account. In fact, for some soils modified by sliding, the vegetation or the adjacent soils are the main factors.

THE CLIMO-TOPO SEQUENCES

A number of soil climo-topo-sequences can easily be deduced from the legend.

Some theoretical sequences are indicated in the annex to the legend. These show how the succession of soils in one set relates to that in another set.

Some transitions are constant; for example, from H mollisols to D allophane soils in wetter regions, or vertic V soils to N mollisols, etc...

However, deviation is frequent within a set.

Silty ash, found far from the volcano, is very different from the coarser ash found near the volcano cone. But very fine ash may be found near the crater, result of the final, less violent spasm of the volcano, which can cover over the coarser material from the main eruptions.

In the southern provinces, ash is present only in the very wet altitudes where it is held in place by the vegetation, and sticks together because of the moisture. On the lower, drier slopes, the ash has disappeared, carried away by wind or water erosion. So at the climate limit (hydric regime), there is, therefore, an abrupt change in the parent material of the soil.

The southern regions were probably much wetter in the past, before the glaciations, and deep red soils with iron hydroxyde were able to form. Today these soils have disappeared, except in the wettest areas, and then when they are not recovered with ash. On the drier slopes, some remains still exist, in places protected from erosion. Elsewhere they have been scraped off in varying depths. Depending on the depth of this scraping, and on the type of the more or less weathered parent substratum, the following soils can, therefore, be found in the same site: montmorillonitic red soils, mollisols, relatively young modified (remaniés in french) type L soils vertic soils, and very old, low in base saturation, red soils (oxisols, ultisols, etc...).

The first step in making a sheet is to establish the principal climo-topo-sequences, at least in the regions with "acceptable" slopes. This normally demands many chemical, physical, and mineralogical analyses of the soils. Next, the soils are defined in several steps which alternate field work with lab tests (which help in relating the soil to the reference profile), as well as an extremely careful study of the aerial photographs.

Except for the cases of particularly fertile soils, the work in zones with low slopes is more accurate than in hilly zones where the soils have been modified by sliding.

CARTOGRAPHY

The soil maps have a scale of 1/50 000. They are based on aerial photographs at scale 1/40 000 and on field observation, lab tests, etc... As the scale of the photographs sometimes varies considerably, due to the variation in altitude, there can be very serious distortions in the same photograph.

The cartographic units are represented by letters, and the surface relief (slopes) by numbers. The drawings are in black on the transparent copy of the topographical maps, or of the planimetric maps, when there are no topographical maps.

The planimetric maps are often rough drafts of imprecise maps. Thus, as soon as the final topographical maps are printed, the aerial photos should be recopied, so that the new reports will be more accurate.

Temporary topographical data, when available, is indicated on the planimetric maps, even when this data applies only to certain areas of the map.

It is easy to get one's bearings on the maps established on topographical data, for all the well-known places are indicated. In contrast, all this information sometimes makes the drawing unclear, and so we decided to also publish the same soil maps without the topographical data for the interpretative maps and showing only the towns and main roads, and the soils and slopes limits.

The limits of the soils are shown in heavy lines, and the limits of the slopes within the soil limits broken lines. By comparing these with the soil map based on topographical information, the place can be determined exactly.

The 1/50 000 soil maps, therefore, contain all the basic soil information, including the thermic and hydric regimes of the soils. It would have been possible to have used a smaller scale for some sheets on mountainous slopes. For most of the maps, though, much necessary information would have been lost, particularly the estimates of useable areas. In 1980, 140 maps at 1/50 000 were completed.

The 1/200 000 maps isolate certain aspects. This information may be pure (hydric or thermic regimes), or integrated and simplified, condensed, regrouped, in order to be more easily read. To get the information necessary to make the 1/200 000 maps, the 1/50 000 maps are always used as a base.

Because of this, it is better for all the maps to be on a scale of 1/50 000, even if the rare sheets for marginal land could have been reduced without the basic information being lost.

Up to now, we have gathered information necessary for the interpretative maps by hand, but the type of maps and the legends that we use lend themselves well to the computer and automatic cartography. Even if the legend seems complicated at first glance, establishing the keys of utilization or integrating the data is made easier because of the abundance of cartographic units.

The computer has the incontestable advantage of being able to give answers very rapidly to an entire series of economic, social, political, agricultural, and other hypotheses. Nonetheless, a preliminary analysis by hand is useful, so that the information fed into the computer is coherent.

The 1/200 000 maps give an overall view which is, in some cases, useful to economists, planners, teachers etc... though sometimes the smaller scale is helpful.

Maps on a scale as small as 1/1 000 000 can thus be considered for the economists' synthesis studies or teaching. The information on characteristics and surface areas can then be indicated in the tables which refer to specific areas on the maps.

Let's take as an example, narrow, very fertile, irrigated valleys surrounded by dry, barren, eroded massifs. In the small-scale maps, the valleys disappear and only the barren massifs are visible. A simple line designates the valley, and the respective table, the various areas available and their characteristics. After having consulted the 1/50 000 maps, which are the essential base documents, one can get an overall idea of the region. Part of this information would never have been indicated if the original intention had been to make small-scale maps.

The 1/50 000 maps, therefore, serve as a fundamental basis. One can focus on various kinds of information simplifying or integrating it, and then transferring it to whatever scale is desired. This can be very useful for specialists.

In some cases, larger-scale maps would have been preferable, such as 1/20 000 or 1/10 000, as was used in the French West Indies maps, but since the photos were at 1/40 000 or 1/50 000, this wasn't possible.

INTERPRETIVES MAPS

The soil maps are redrawn without the topographical information and use only the roads and town as landmarks.

Several selected zones are indicated by black shade-line. In order for the maps to be read easily, there shouldn't be more than 5 or 6 zones.

Thus, one can have an immediate picture of the desired zones. As the symbols and the limits of the soil map and the slopes are on all the maps, more detailed distinctions can be represented by letters or numbers, if desired.

CURRENT AND POTENTIAL EROSION MAPS

The first objective is to show what zones are eroded now, or seriously risk being eroded. The second objective is to point out the type of erosion. In order to facilitate map-making, we grouped the process of erosion that affect agriculture with other process that demand similar anti-erosion measures. Secondary information can be indicated by letters.

We distinguished between erosion by runoff (or lamelar) and by solifluxion, which is rather dramatic for soils with a montmorillonitic argillic horizon. Mass erosion occurs with thick, clay soils or soils which drain badly in the depths with discontinuities.

Sometimes erosion is basically due to the type of soil; at other times, it is rather a question of geomorphology of the slopes which should be studied more completely, along with the kind of deep parental formations, the dip, etc...

For what concerns shallow soils on hard substratum, serious erosion is related to the nature of the soil, and hence the risk of erosion is a function of the steepness of the slope and the depth of the soil. Major anti-erosion measures must be taken when erosion risks rapidly transforming an entire region into desert, which is the case for shallow soils on hard substratum.

Soils which are currently very eroded are marked with large points. Zones with steep slopes (greater than 70%) are represented by little points close together. Any deforestation of these slopes will cause severe erosion. Not all the land which is shown in points (large or small) is necessarily meant to be cultivated, but it must be protected, nevertheless, either by leaving the natural vegetation or by reforestation.

The darker the shade-lines, the greater the risk of erosion.

The dark shade-lines (squared) indicate areas where anti-erosion measures necessary for agricultural development would be so expensive that it is often better to reforest instead. This is often the case with shallow soils.

As the shade-lines get lighter, the risk of erosion is less serious, and anti-erosion measures are less expensive. At the limit, just taking necessary precautions may suffice.

The direction of the shade-lines corresponds to the type of erosion: runoff, lamelar, solifluxion, or mass erosion. We felt that this division was less important than the risk of the land turning into desert. The type of erosion, therefore, is clearly shown on the maps, but with lighter shade-line.

As we are dealing with mountain zones, where almost everywhere there is a risk of erosion, we limited ourselves to those sections which are in danger and did not mention others where simple anti-erosion measures will be adequate. Thus, for most of the deep, fertile ash soils of the Sierra, only zones with more than 40% slopes (irregular slopes) or 50% slopes (regular slopes) were considered in danger. It is obvious that if precautions are not taken, heavy rains may provoke considerable erosion, even on slopes of 20% or less.

POSSIBLE FOREST ZONES AND SPECIES

Forest maps can easily be made from the erosion map. There are two aspects:

1/ Zones to reforest

Regions with very steep slopes (over 70%), should be left as forest or with its natural vegetation. Only coffee can be grown, and only in certain areas.

The forest serves as protection for the very steep slope regions. Logging is difficult, unless roads already exist on the low part of the slopes.

A more detailed study of stability of certain slopes would be useful, for it would be useless to invest heavily in reforestation if the slope may periodically cave in.

The seriously eroded parts must be reforested. However, expensive anti-erosion measures may be undertaken if the depth of the residual soils, the type of substratum, or the human environment permit and justify such investments.

The shade-lines become darker and darker as the necessity for reforestation, soil protection, and anti-erosion measures increases.

When hard, cemented ash is very eroded, the forest serves as protection, for eucalyptus grows very slowly. On the other hand, on some shallow soils without differentiated horizons, which correspond to a rocky, fissured substratum or to sedimentary clay formations of the molasses type, etc..., the forest can be productive. For the zones which need reforestation, it would be useful to do more precise studies of the very eroded regions shown on the map. Various factors need to be weighed before determining the reforestation policy.

The soil map was conceived for use in agricultural planning of the country. It would have been unfortunate to emphasize the very eroded parts, which won't be used for agriculture, and would have slowed down the work on the total map of the country. If the decision is made to reforest various sectors, it would be useful to redo the study in greater detail.

2/ What species should be planted ?

The forest map was intended to indicate what species are best adapted to the various climates and soils. All experiments in forestry done in Ecuador were examined and compared to those done in other countries in the Andes, with some correction for latitude. We studied the climate, the aptitude and type of soils for each species in relation to tree growth and the quality and quantity of lumber.

Ecological zones can thus be determined through the climates, soils, and soil maps, and consequently, species recommended for each zone. The zones are shown by thick black lines and are represented by numbers. The areas needing reforestation are shown by brown shade-lines which become darker and darker as the necessity for reforestation increases; and lighter and lighter as agricultural or pastoral use is recommended.

The forest map has, therefore, two goals : first, to point out which areas should be reforested or left in forest; and second, to show which species are most suitable, regardless of the reasons for reforestation.

We have also shown on these maps the regions which currently have forests (either natural or planted), based on the information shown on the current-use-of-soils map done by the geography section (Gondard and others).

Clearly, such maps should be constantly improved and updated, for they are an excellent basis for forest study and experimentation.

ZONING FOR POTENTIAL CROPS

The crop zoning that we did in the Sierra would not be as needed when the climate and soils are more uniform, as is the case in other regions. We made these maps because these regions are rugged and have contrasting climates.

All crops do not have the same needs. What is detrimental for one is not necessarily for another, and, in fact, can even be positive.

The disadvantage in making a synthesis map for all the crops is that either some important factors are overlooked, or serious distortions occur. If, on the contrary, only one crop is chosen, it is possible to select from the 1/50 000 soil map what is relevant to that one crop.

Other plants which might be rotated or planted (mixed) at the same time are also indicated. If there is any distortion, however, it concerns these other crops and not the main crop in question.

By studying each crop individually, additional data can be included on the maps, such as species and disease zoning, as well as parasites. Farming techniques or irrigation adapted to each mapped sector can also be shown; in addition, what fertilizers or soil improvements are needed. The choice of fertilization or soil improvement depends on whether the land is used for crop-growing or for pasture. The needs of the crops and the question of profit must be considered.

It is also possible on these individual maps to register all useful information that pertains to that particular crop. This means that various written or oral information, fruit of experiment or experience, will not be lost. How much information from former studies is ignored because no one knows where it is kept or even if it exists.

It is therefore important to carefully research all that is relevant to the crop in question and then to extrapolate the results correctly.

EXAMPLE OF ZONING FOR POTENTIAL WHEAT-GROWING

We differentiate between :

1/ Dry regions where irrigation is necessary. Wheat, however, is rarely irrigated. When water is available, other, more profitable crops are preferred. In addition, when the crop is grown on flat land, irrigation by gravity is much more difficult than for furrow crops.

The zones where irrigation can be used now, on more than 50% or less than 50% of the area, are indicated (based on the current-use maps).

2/ Regions where the yields may drop markedly from one year to the next because of drought. At this time, irrigation is useful.

3/ Regions suitable for wheat, without major reservations, but equally suitable to a number of other crops which are indicated on the map.

4/ Similar, but colder, regions, where there is a risk of frost (isomesic). Here, fewer other crops are suitable. Corn cannot be grown, at the moment.

5-6/ Regions that during certain years may have excess moisture, either in the soil or in the air; and lastly, regions where the risk of frost coexists with the preceding drawback.

Each of these categories is represented by black and white shade-line. Symbols for the respective disadvantages of the cartographical unities can be added.

The legend concerning the surface relief (slopes) and the agrarian structures (size of the farms) emphasizes the possibility, difficulty, or impossibility of mechanization of farming and in particular, harvesting with a combine, a reaper-binder, etc...

ZONING FOR POTENTIAL CORN-GROWING

The categories for corn are about the same as for wheat, though lacking the risk of frost categories. Corn doesn't grow at the altitudes where frost generally occurs (isomesic).

On the other hand, in order to produce high yields, corn needs a great deal of water; yet, it is better adapted than wheat to dry climates. The yields are, of course, lower, but acceptable.

Consequently, in the crop suitability map, corn has been shifted into drier regions than those recommended for wheat. Moreover, it is easier to harvest corn by hand than wheat. Thus, we suggested growing corn in zones with 40 or 50% slopes, when the soils are favorable, with, of course, recommendations for anti-erosion measures.

ZONING FOR POTENTIAL POTATO-GROWING

Beans (habas) and some other plants indigenous to the Andes, are the crops which grow best in altitude. Beans also can grow in wetter regions. They grow in allophane soils, which is true only in a few regions for wheat, and practically never for corn, above 2 000 meters altitude.

We suggested approximately the same zones for potatoes as for wheat, although, in general, shifted more into the colder and wetter regions.

As it's possible to grow potatoes in some colder, wetter regions, it is better to extend them into these areas, leaving the hotter, drier regions for other crops.

Steep slopes can be used, to a certain degree, providing anti-erosion measures are taken, for the danger of erosion is less with furrow crops than for wheat. Nevertheless, these steep zones have been clearly indicated on the map in order that they can be eventually abandoned later on.

ZONING FOR POTENTIAL NATURAL AND ARTIFICIAL PASTURE

For corn, the recommended zones were extended into the relatively dry regions where corn can be grown, even if the yield is low.

For wheat, the relatively wet and colder zones were suggested (where corn cannot be grown).

For potatoes, much colder and wetter regions, basically suitable to this crop, were proposed, in order to leave land available elsewhere for other crops.

For pasture, two areas were recommended :

- a) very wet, temperate or hot, often cloudy regions (generally with allophane soils), and
- b) the hilly areas of moderately wet regions where farming cannot be mechanized.

There are also vast pasture areas available in the very cold regions where crops cannot be grown.

We thought it useful to divide the possibilities for mechanization into three groups, for in the very rainy areas, wild plants such as bushes and other undergrowth quickly invade the land. For this reason, we thought it should be specified whether the brush-cutter can be used everywhere, only in certain places, or not at all.

The dry zones which produce very little without irrigation are not indicated. Another series of maps can be done in the future, examining the temporary, extensive pastures to which herds may be moved up to during the year.

ADDITIONAL INFORMATION CONCERNING THE CROP-ZONING MAPS

Basic information about the useful chemical reserves of the main soils (base saturation, etc...) is also on each of the zoning maps. Very poor, red clay soils are well indicated by special shade-line (liming and necessary phosphate improvement). The remedy for the deficiency is not always the same for each crop.

Problems of species, disease, and parasites

These studies were based on the zoning maps for each crop, and done in collaboration with the specialists for each crop from the National Institute for Research in Agronomy and Animal Husbandry in Ecuador (INIAP).

The sites of field experiments are indicated, as well as the main results and remarks, concerning the species. The mapped homogeneous zones are thus extrapolated from this.

When the climate varies considerably within one region, a species may react entirely differently from one place to another, only a short distance away. In regions with a homogeneous climate, on the other hand, the species may have identical reactions even though the places are distant one from the other. Thus, as the Sierra stretches out lengthwise, subject to the leeward and windward effects, homogenous zones exist separated by hundreds of kilometers, even though heterogeneous zones occur very frequently within a small area of only a few kilometers, this due entirely to the climate.

Diseases or parasites are often related to the variety, since the most resistant are selected (case of blight for wheat, etc...).

Phytosanitary problems vary with the region. In the case of potatoes, for example, there are insect parasites in relatively dry regions and cryptogamic diseases in wet climates, etc... but little of either in (isomesic).

Are there extensive regions for which we don't know which variety to recommend? Are experiments justified in various places within one area? The zoning maps can aid in better planning of the research on varieties. For pasture, the problem is to know what species to plant, how to maintain it, and how well it resists grazing in function of the kind of soil, etc...

Productivity - Periods of production

Information about yields in various sectors are added to the zoning maps. Both current and potential yields depend on agricultural customs and techniques used: prime farm or top farmer, optimum yield, average yield.

Likewise, the period of production should be specified. We indicate the hydric regime of the soil. For the relatively dry regions, however, it is important to know if it rains regularly every year, either during one period, or at set intervals in order to assure a good harvest of corn or barley; or whether the rains are so unpredictable and scattered that the yields are always low.

Crop rotation

The possibility of a second harvest at the end of the rainy season should be considered. If insecticides are to be limited or not used at all, crop rotation should be considered so that nematode (thread-worm) does not spread, etc...

Additional information should be added to the legend by the agronomy section.

Human factors, etc...

The large or small size of the plot reflects the size of the properties. In the absence of surveys, the agrarian structure is large or medium-sized properties, on one hand; and minifundio, on the other. Obviously, the problems of harvesting by machine are not the same in the two cases.

In the same manner, the size of the property and the farmer's willingness to change affect how quickly new techniques or improved varieties are accepted.

Ethnic group (Indians) should also be taken into account. Completely different crops may be raised in different villages, even though physical factors are almost the same. The degree of subsistence farming varies from one place to another. An agricultural surplus is always necessary to obtain money, but what is purchased and the quantity vary.

ZONING FOR OTHER CROPS

Many secondary crops, such as peas, beans, etc..., may be grown at the same time as the main crop.

Some zones of moderate altitude seem to be promising for tomatoes. At the moment, sugar cane is raised in these areas, in a rather backward fashion.

Fruit trees

Zoning is particularly important for fruit-growing. Almost all the temperate and tropical fruit trees can be grown in the Sierra, with the stipulation that they are raised in the proper micro-environment. Zoning tries to take into account possible markets, but even in the case of a large available market, fruit trees can only be grown in limited areas sufficient for needs. There are also special needs for irrigation, soils, the problem of frost during the periods of flowering, etc... A number of coarse sand soils that are now unused would be suitable for fruit-growing, if drop-by-drop irrigation or microjet were available.

Coffee

Zoning maps have also been done for coffee, but this crop is also grown on the coast and in the east.

Coffee is grown in regions that have a distinct dry season, in small areas spread over the Pacific side of the Andes Mountains.

In what areas should coffee be maintained and yields and quality improved? Where would information programs for farmers and credit be in vain?

In Columbia, the best plantations are found in very wet regions of altitude (1000 to 1700 meters), on very steep slopes, with allophanic soils. Exactly the same conditions exist in Ecuador (Cuellaje) on the slopes of the Andes Mountains. A more detailed study and some experimentation might answer the question of whether coffee should be extended in these regions, using the high yield, excellent quality plants that are used in Columbia. The zoning maps open the door to this kind of research.

As most of the sisal plantations in the dry regions have been abandoned, sisal is primarily grown in very wet regions now. The only sisal remaining in the dry areas is used for fencing.

ZONING OF THE MAIN DEFICIENCIES IN THE SOILS

All the farmers in the Sierra know about chemical fertilizer. Many of them use it, even the smallest farmers, at least for crop rotation or for various profitable crops, such as tobacco, vegetables, etc...

Many farmers told us that they may not use fertilizer in the future, or in smaller quantities, or less often than in the past, because of the huge increase in price in the last few years.

With the zoning of major deficiencies, places can be defined where the standard, three-fold fertilizers don't have the anticipated results, and are, to a certain extent, wasted because the problem of the soil's infertility has not been solved. There are often great deficiencies in phosphates, alumina toxicities, etc...

The farmers know which soils in their regions are unproductive without fertilizers. It is useful to let them know what can improve the soils (phosphate, calcium, magnesium, oligo-elements), and in what form and quantity.

In many other places, in contrast, the farmers don't know the real reasons why their yields are low. The maps can help direct credit toward this kind of land improvement, which is absolutely essential in some places.

Numerous chemical analyses will be necessary, especially for the regions where fertilization or liming are already being used a little.

ZONING MAPS FOR POSSIBLE IRRIGATION

The studies of the hydrological section show water resources in various water-sheds. This is water which can be dammed, or a minimum assured for 11 months of the year based on the rate of flow at its lowest.

In many of the water-sheds of the Sierra, this estimate should not be taken as exact. There is an abundance of collector pipes, which are not always counted, and for which the rate of flow is unknown.

It is important for the irrigation technicians to know the surfaces and kinds of soils which are best adapted to irrigation. This information will help determine whether various projects intended to catch unused water are justified.

Irrigation techniques should also probably be improved in some regions, especially where the soil is very sandy. With the present techniques of submersion, a great deal of water disappears in the depths. When the water supply is limited, the possible area of irrigated land is thus reduced. Some very sandy regions, which is wasteland or practically that now, could be transformed into thriving orchards with techniques such as drop-by-drop irrigation. The latter has become widespread in the French West Indies within the last few years, in the sandy, ash volcanic soils where avocados, bananas, citrus fruits, etc... are grown.

Some annex maps, such as those showing water retention useful for the soils, can also help in improving irrigation techniques : systems of irrigation, dose, frequency, possible risk of drainage, etc...

UPDATING AND MODIFYING THE MAPS

All the crop-zoning maps were based on the soil maps. They can thus be changed at any moment, if this is considered useful. The lines of the soil map are on the back, and the shade-lines, on the front, so that they can be scraped off easily, at any time ; or added to, without having to redo the map each time.

Some of the synthesis maps are on a 1/200 000 scale. To modify them, it is necessary to go back to the 1/50 000 maps, in order to know what was regrouped and simplified.

CONTRIBUTION TO THE AGRICULTURAL PLANNING OF THE COUNTRY

The zoning maps for potential crops, and additional information concerning yields, varieties, phytosanitary programs, general or individual (agro-industry) infrastructures, agrarian structures and human factors, etc. the profit-making capacity of crops in various circumstances, etc... allow one to define the situation, and then give answers and alternatives to the government's options, through a progressive coinciding of their objectives with the current reality.

This study is, therefore, one of the elements which together present concrete suggestions for the future by reorienting the policy of importing food, domestic prices, investments, and credit for farmers.

This report was made at the request of ORSTOM
by F. COLMET DAAGE Soil scientist ORSTOM-Martinique.
Adviser in charge of the Sierra Maps-soils and interpretive
for the Programa de Regionalizacion Agraria PRONAREG
of the Ministry of Agriculture (convenio MAG-ORSTOM)
Quito, Ecuador
July, 1979

The June, 1980 report has been slightly modified.

V/- / Cartografia de los suelos en la sierra ecuatoriana /
/..... y cartas d'rivadas - Metodos - Objectivos /

ORSTOM-Antilles, para Programa Nacional de Regionalizacion
Agraria de Ministerio de Agricultura y Ganaderia de Ecuador
(dans le cadre de la convention avec l'ORSTOM)
Quito, julio 1979, 16 pp.

F.COLMET DAAGE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 102 E

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y GANADERIA

Programa Nacional de Regionalización
Agraria
PRONAREG

QUITO - ECUADOR

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre des Antilles
Bureau des Sols
MARTINIQUE - GUADELOUPE

FRANCE

CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS EN LA SIERRA ECUATORIANA

Y CARTAS DERIVADAS

METODOS - OBJETIVOS

INTRODUCCION

En 1974 el Ministerio de Agricultura del Ecuador solicitó a la ORSTOM su ayuda para la elaboración de las cartas de suelos de la Sierra con miras a la regionalización y a la planificación agrícola del país.

Estos estudios han sido realizados en el marco del Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) de ese Ministerio.

Por lo tanto se trataba de entregar esos trabajos en el mejor tiempo posible a fin de poder integrarlos con los de las otras disciplinas de PRONAREG: Economía, Geografía Humana, Hidrología, etc... y con los trabajos de otros departamentos del Ministerio de Agricultura o de otros Ministerios.

La precisión de las cartas establecidas a la escala de 1:50.000 no es uniforme. Las zonas marginales a menudo en pendientes muy fuertes, han sido tratadas con menos detalles y menos observaciones de campo que aquellas zonas actualmente cultivadas o susceptibles de aprovechamiento agrícola.

La ausencia de fotografías aéreas en algunas regiones ha demorado la realización de las cartas. Las fotografías realizadas durante estos dos últimos años permitirán terminar en 1980 las últimas de las 155 cartas de la Sierra a 1:50.000.

CARTAS DE SUELOS a 1 / 50.000 a

RELIEVE

La cordillera ecuatoriana de los Andes está casi completamente constituida por dos cadenas montañosas paralelas.

La altitud de las cimas es muy elevada en el Norte y Centro del país, y más baja en el Sur.

El valle interandino está situado entre estas dos cadenas montañosas a una altitud de 2.000 a 3.000 mtrs., en toda la parte Central y Norte.
En el Sur hay algunas cadenas montañosas paralelas.

REGIMEN HIDRICO DE LOS SUELOS: PLUVIOMETRIA

La pluviometría puede variar considerablemente en distancias muy cortas. Las vertientes que reciben los vientos ascendentes de la Costa o de la Amazonía son generalmente muy húmedas.

En cambio, en las regiones a sotaviento, la pluviometría disminuye fuertemente. Así, en distancias muy cortas, se puede observar suelos de regiones semiáridas con acumulación de caliza secundaria, y suelos de regiones húmedas muy ácidas y fuertemente desaturados en bases.

El clima es el factor esencial de las variaciones del suelo. Sin embargo, las estaciones meteorológicas están localizadas cerca de las ciudades situadas generalmente al fondo de los valles, en las regiones más secas.

En la mayoría de los casos, las variaciones de la pluviometría, de la temperatura y de la nubosidad son tan importantes en tan cortas distancias que sería necesario un número considerable de estaciones meteorológicas para poder apreciarlas.

Así pues, nos hemos esforzado en relacionar las características y propiedades de los suelos con los climas que han contribuido a su formación. El pedólogo debe tener en mente la búsqueda de todos los índices posibles que le permitan encontrar en los suelos (ayudándose también de la vegetación), los datos que faltan en el medio climático para la determinación del régimen hídrico del suelo durante el transcurso del año.

La cartografía de los suelos permite, partiendo del suelo, delimitar las variaciones del clima con mucha más precisión que solo por la extrapolación de los datos de las estaciones meteorológicas.

En un país que tiene climas de tanto contraste, el conocimiento del régimen hídrico de los suelos es indispensable para la utilización de los mapas de suelos.

Las clases de regímenes hídricos de los suelos son establecidas según las distinciones de la Soil Taxonomy, aunque no se pueda tratar de discriminaciones tan precisas como las que pueden ser deducidas de datos de las estaciones en regiones de climas uniformes.

La extrema diversidad y la gran amplitud de las variaciones del régimen hídrico en distancias tan cortas, justifican esta manera de actuar. Sería imposible conseguir una precisión mayor y tendría una utilidad ilusoria.

Todas las características morfológicas, las propiedades del suelo y los datos concernientes a la naturaleza mineralógica de las arcillas ayudan a determinar el régimen hídrico de los suelos y están relacionadas entre ellas y con la observación de la vegetación natural o de los sistemas de cultivo.

Es así, que la aparición de micelio de carbonatos en los suelos de cenizas volcánicas es un signo evidente de aridez. El grado de desaturación de bases de diversos horizontes y la acumulación de materia orgánica permiten, teniendo en cuenta la temperatura del suelo, apreciar si la humedad es debida principalmente a una baja evapotranspiración debida a una nubosidad importante o a una pluviosidad abundante, etc...

Igualmente se tienen en cuenta la aparición de un horizonte argílico, su espesor, la importancia de los revestimientos, la hidratación de los suelos con alofana, etc.. Así, se pone en evidencia una serie de climo-secuencias de suelos deducidos de las propiedades y características de éstos, esforzándose en precisarlas o cuantificarlas en lo posible.

Caso de suelos de edades uniformes

En el caso de depósitos de cenizas que cubren uniformemente una región, y generalmente posteriores a las últimas glaciaciones, el establecimiento de climo-secuencias es relativamente simple.

La velocidad de alteración de las cenizas es más rápida en las cenizas muy finas que en las gruesas. Así mismo, la acumulación de la materia orgánica es mucho más intensa en el caso de cenizas finas que en el caso de arenas gruesas muy permeables. Por ejemplo, algunos años de irrigación serán suficientes para transformar la arena fina de la ceniza volcánica en un humus grumoso, mientras que la arena gruesa se modifica poco.

Para establecer climosecuencias y conocer las relaciones entre los suelos y el clima, es entonces necesario distinguir las cenizas con arenas gruesas, medianas o finas.

El envejecimiento de los suelos se manifiesta con la aparición cada vez más importante de arcilla: halloisita o alofana limosa al tacto, aunque en realidad se trata de pseudo-limo, con un grado de hidratación muy variable en relación con el clima.

Caso de suelos muy antiguos

Algunos suelos en el Sur de la Sierra son muy antiguos y son el resultado de fenómenos de alteración y además, de transformación en períodos de tiempo muy largos. No se puede referir a ellos para conocer el clima actual. En regiones que ahora son relativamente secas existen algunos suelos rojos de kaolinita o hidróxidos de hierro, muy pobres en elementos utilizables por las plantas. Tales suelos se han vuelto muy estables, inmutables en el tiempo. Sin embargo, en casi todos los casos es posible encontrar índices de clima actual examinando los suelos que están actualmente en evolución, en las partes erosionadas o rejuvenecidas por la erosión.

La erosión puede haber llegado hasta la roca madre no meteorizada o haber afectado solo los niveles superficiales dejando aflorar los horizontes de alteración de diversa profundidad. Hay una formación de una serie de suelos nuevos que reflejan el clima actual.

Algunos suelos rojos muy antiguos pueden así bordear los mollisoles o los vertisoles con acumulación calcárea o sin ella formados sobre los materiales afectados por la erosión. Estos suelos rojos residuales siempre son observados en los sitios protegidos de la erosión y su persistencia en el paisaje se explica con evidencia.

TEMPERATURA DEL SUELO - REGIMEN HIDRICO

Las cosas son mucho más simples para la temperatura del suelo y la estimación del régimen térmico.

En efecto, cerca de la línea ecuatorial y sobre los 2.000 m. de altura, las variaciones de temperatura del suelo a 50 o 100 cm. de profundidad no sobrepasan nunca de 1°C durante el año.

La temperatura del suelo parece variar un poco más durante el año cuando la altitud es inferior a 2.000 m.

Es suficiente medir con un termómetro en las calicatas abiertas o en la masa que sale con el barreno. Es lo que hemos hecho sistemáticamente para todos los perfiles.

Luego, la temperatura del suelo es un dato constante del mismo y una característica al mismo nivel que algunos datos químicos o mineralógicos: es un muy buen reflejo no solo de la temperatura exterior sino también de la nubosidad y de la evapotranspiración, cuando se asocia esta medida a otros resultados de observación o de análisis.

La temperatura del suelo puede ser muy diferente para una misma altitud, de una vertiente a otra. Es así que la temperatura es mucho más baja en las vertientes lluviosas y nubladas que en las vertientes de altitud similar pero menos húmedas y más soleadas.

A partir de cierta altitud las heladas matinales pueden afectar peligrosamente a los cultivos en ciertos períodos del año o incluso todo el año.

Selección de temperaturas límites

Hemos clasificado los regímenes térmicos en función de las temperaturas escogidas empíricamente según nuestras observaciones.

Así, la temperatura del suelo de 10°C a 50 cm. de profundidad indica, de manera muy especial, y precisa el límite de todos los cultivos y en particular de aquellos que se encuentran más alto: la papa y las habas.

Este límite se debe a la temperatura propia del suelo, que limitaría la actividad microbiana o es el reflejo de una temperatura baja exterior que implica heladas matinales frecuentes sin permitir el cultivo? No podríamos decidir, pero la segunda hipótesis parece favorable.

La temperatura del suelo a 50 cm de profundidad de 13°C ha sido igualmente retenida como otro límite. El color de los suelos de ceniza cambia fuertemente, pasa de café negro a más de 13°C a negro (chroma de 0 a 1) a menos de 13°C. La vegetación natural y los sistemas de cultivo son también fuertemente modificados (desaparición del maíz, etc...). Se puede observar en estas áreas frías dominancia de ácidos húmicos.

Por último, el límite menos preciso de 21/22°C separa de manera muy evidente las regiones de cultivos tropicales y las de regiones templadas. Solo la caña y ciertos cítricos aceptan temperaturas más bajas.

La determinación de la temperatura parece una medida esencial. En ciertas regiones, y en relación con la temperatura, todos los cultivos cesan a 3.200 m de altitud aunque en otras llegan a los 3.800 m.

Denominación de los regímenes de humedad

Hemos mantenido las mismas denominaciones que la Soil Taxonomy aunque los límites de clases de temperatura ya no sean los mismos.

Isofrigid Corresponde a temperaturas inferiores a 10°C (en lugar de 8°C en el sistema americano). El Dr. Smith se dió cuenta de que esta modificación está bien fundada en el Ecuador.

Isomesic Corresponde a temperaturas del suelo, en profundidad, comprendidas entre 10°C y 13°C, en lugar de 15°C en la Soil Taxonomy.

Isothermic A temperaturas del suelo entre 13 y 21/22°C

Isohyperthermic Corresponde como en la Soil Taxonomy a temperaturas del suelo, en profundidad, superiores a 21/22°C. En efecto, parece que en altitudes bajas habrán más variaciones anuales que en altitudes más altas, y el límite es así menos preciso.

Con ciertos tipos de suelos, las medidas de temperatura no tienen significación al menos en ciertos períodos del año.

Es el caso de los vertisoles muy arcillosos, profundamente agrietados en período de sequía. El aire circula libremente en profundidad y la temperatura del suelo se equilibra rápidamente con la del aire sin que el efecto amortiguador del suelo pueda actuar. Además, en la mayoría de suelos arcillosos o pedregosos secos, no es posible meter un termómetro.

Los suelos de arena o gravosos son secos la mayor parte del año, incluso en regiones húmedas sobre cierto espesor. Sobre todo cuando se trata de cenizas negras, estos suelos se calientan mucho y la medida de la temperatura debe ser efectuada a una profundidad mayor.

Nos hemos esforzado en medir la temperatura a 50 y 100 cm. En general hay muy poca diferencia.

LOS SUELOS Y LAS UNIDADES CARTOGRAFICAS

Los suelos o las unidades cartográficas se representan por letras y se reúnen en conjuntos relativamente coherentes, aunque este último punto no es esencial.

Los conjuntos son representados por letras mayúsculas. La minúscula siguiente establece la distinción entre diversos suelos o unidades cartográficas de un conjunto. Estas letras son escogidas arbitrariamente.

Toda diferencia cartográfica que es susceptible de modificar las aptitudes agronómicas de los suelos y en consecuencia de intervenir en las cartas de aplicación, se toma en consideración y es objeto de distinción.

La unidad cartográfica así definida, puede clasificarse en niveles variados de la clasificación de la Soil Taxonomy: subgrupo, familia, serie, fase, etc... de la que es independiente. Casi siempre es la Serie.

En realidad, ciertas unidades cartográficas o conjuntos "pegan" bastante bien con las distinciones de la Soil Taxonomy pero otros no tienen ninguna relación. Lo importante es conocer a qué corresponde la unidad cartográfica que permanecerá inmutable cualesquiera sean las modificaciones posteriores de la Soil Taxonomy.

En lo posible se ha evitado las asociaciones de suelos muy diferentes que pueden producir incertidumbre en los utilizadores de las cartas. Cuando es necesario se indica el porcentaje aproximado de cada uno de los suelos asociados.

En otros casos, se indica solo el suelo que tiene más importancia desde el punto de vista agronómico dejando a un lado los que ocupan pequeñas superficies.

Cuando desde el punto de vista agronómico los dos suelos asociados son muy diferentes se puede también subrayar la sigla del que es más frecuente y que debe ser prioritariamente tomado en consideración en una primera aproximación para las cartas de aptitudes.

Algunas características están indicadas por una tercera letra minúscula. Es el caso de gravas de piedra pomez o de intercalaciones de capas de piedra pomez en los suelos de cenizas volcánicas, entre clases: x, y, z.

También es el caso de los pedregos "r" y de rocas "R" esparcidas en los suelos cuando no se trata de una característica permanente del suelo incluida en la sigla.

EL MODELADO

El modelado se deduce de las fotografías aéreas por interpretación estereoscópica con controles sobre el terreno.

Las distinciones son establecidas para la mecanización de las operaciones de cultivo, y designadas por cifras de 1 a 7. Así, la clase 3 es análoga a la 2 (más o menos 5 a 12% de pendiente) pero el microrelieve, protuberancias, etc.. pueden molestar el paso de ciertas máquinas.

Es evidente que el paso de una clase de pendiente a otra intermedia es con frecuencia progresiva y que no hay solamente pendientes regulares.

Por esto, los límites de una clase de pendiente a otra inmediatamente superior o inferior no son siempre de una precisión rigurosa.

Sin embargo, es el único método utilizable. En efecto, en el campo mismo, no es posible estimar el valor de una pendiente sino cuando el observador está situado en el mismo lugar de la pendiente a medir. Calcular la pendiente observándola desde otro sitio conduce casi siempre a resultados erróneos.

Las curvas de nivel de las cartas topográficas a 1:50.000 cuando existen, informan de manera imperfecta sobre las pendientes cuando estas son regulares, y conducen a resultados muy erróneos si la pendiente es irregular con protuberancias, con un microrelieve importante, quebradas, etc...

Un microrelieve fuerte puede incitar por las dificultades de la mecanización a clasificar una zona o una parte de la zona en una clase de pendiente más fuerte que si esta fuera regular. Al contrario, en el caso de una pendiente muy uniforme, es posible extender más la clase de pendiente inferior (hasta 50% en lugar de 40; 25 en lugar de 20).

Teniendo en cuenta esta relativa imprecisión en el caso del paso progresivo de una clase de pendiente a otra intermedia, se juzga conveniente retener 7 clases de pendientes, lo que evita discontinuidades muy fuertes y, consecuencias menos importantes para la interpretación agronómica, que en el caso de 3 o 4 clases solamente.

Todas las zonas correspondientes a la clase 7, es decir con pendientes superiores al 70%, están consideradas a priori como no aptas para la agricultura y difícilmente explotables para bosques (salvo el caso por ejemplo de una ruta que pasa al pie de una ladera. Sin embargo, se observan cafetales en algunos sitios.

La clase 6 contiene pendientes superiores a 40 o 50%, según el microrelieve sea notable o regular. En el caso de suelos relativamente profundos, esta distinción es útil en el Ecuador, como en las Antillas, ya que algunos cultivos son observados en pendientes muy fuertes.

En el caso de suelos muy erosionados, y poco profundos la clase 6 ha sido a veces unida a la clase 7, ya que de todos modos no hay nada que hacer.

LOS CONJUNTOS DE SUELOS

Los suelos de la Sierra son muy diversos. Ha parecido útil como lo hicimos para los mapas de suelos de las Antillas, reunir las unidades cartográficas, que corresponden a niveles de clasificación muy variados de la Soil Taxonomy, en conjuntos que indiquen inmediatamente algunas características dominantes de esos suelos.

Es importante que la unidad cartográfica, a menudo a nivel de la Serie, esté bien definida. La unión a un conjunto es más secundaria y a menudo la relación puede ser bastante flexible. Esta manera de ordenar las unidades cartográficas (generalmente series de suelos) permite una visión, una comprensión más sintética de la carta desde el primer momento.

Aparece así de una manera simplificada que:

En todos los suelos C, la canchagua o ceniza cementada por la sílice y muy dura, aparece a menos de un metro de profundidad.

Todos los suelos J son suelos arenosos sobre cenizas, no alofánicos.

Todos los suelos H son suelos de cenizas con presencia de limo, generalmente bien provistos de bases intercambiables y con menos de 30% de arcilla. En estos suelos hay una formación progresiva de arcillas halosílticas y montmorilloníticas. Se oponen a los suelos M que encierran horizontes con más de 30% de arcilla en el primer metro, y a los suelos D en los cuales se forma principalmente la alofana y son más desaturados en bases.

Los suelos W.V.U. corresponden a los vertisoles o a los suelos verticos ricos en arcillas montmorilloníticas que se expanden y contraen. En cambio los suelos I tienen igualmente una dominancia de montmorillonita pero tienen el color rojo de los hidróxidos de hierro que ocultan una parte de sus propiedades. Además la montmorillonita es con frecuencia inestable en ellos, con liberación de aluminio y una fuerte acidez en algunas partes.

Esta degradación de la montmorillonita es más acentuada en los suelos K que, a veces, tienen mucha illita. Los suelos G muy compactos y estructurados con dominancia de caolinita pertenecerían ya al menos algunos de ellos, a los suelos ferralíticos y se oponen a los suelos F a menudo muy friables (oxisols para algunos) con los suelos E en categoría intermedia (verdaderos suelos ferralíticos pero compactos). En esos suelos muy arcillosos, la distinción del horizonte argílico es a menudo difícil e ilusoria.

En las pendientes fuertes hay a menudo muchos cambios, derrumbes, deslizamientos, mucha de suelos relativamente evolucionados con niveles de alteración más recientes y rejuvenecimiento de suelos, todo en una gran heterogeneidad. El horizonte argílico que es claro en un perfil ya no aparece a pocos metros de ahí. Estos suelos rejuvenecidos que generalmente contienen montmorillonita y varios elementos en proceso de alteración o alterables, han sido puestos en el conjunto I.

Los suelos sin horizontes diferenciados y generalmente poco profundos y erosionados están clasificados en el conjunto S. Pero las consecuencias agronómicas son muy diferentes si se trata de suelos poco profundos sobre materiales duros o sobre arcillas o molasas sedimentarias más o menos rehidratadas, o todavía más sobre arenas de partida de suelos ferralíticos relativamente sueltos. En este conjunto ha sido a menudo necesario designar por la sigla, asociaciones de suelos muy diferentes pero no cartografiables a esta escala, por ejemplo, restos de suelos rojos en las partes protegidas de la erosión, asociadas a suelos erosionados muy poco profundos a poca distancia.

Los suelos T son aluviones de valles con manto freático en profundidad. Los suelos A son suelos orgánicos, etc...

Como hemos señalado, los conjuntos o las unidades cartográficas pueden vincularse a diversos niveles de la clasificación americana o no pueden estarlo de ninguna forma.

En el caso de los suelos sobre cenizas de la Sierra, la distinción entre la presencia o no de un horizonte argílico o de un horizonte mólico es esencial tanto en la Soil Taxonomy, como en la cartografía de los suelos. En cambio, en los suelos arcillosos derivados de otros materiales sedimentarios o metamórficos o de volcanismo antiguo, esta distinción entre suelos de horizonte argílico o no, es muy difícil de establecer (caso de los suelos muy arcillosos) o no vale la pena para los suelos en pendientes fuertes a menudo modificadas.

Algunos autores reprochan a la Soil Taxonomy de dar más importancia al epipedón mólico y al horizonte argílico. Ahora bien, para la cartografía de los suelos derivados

de cenizas volcánicas en la Sierra, estos son dos datos esenciales.

El límite del 50% de saturación de bases indica de manera notable la formación de la haloisita (molisoles) o de alofana (andisoles).

En cada conjunto los suelos son clasificados primero por regímenes de temperatura
Isofrigid (inferior a 10°C), Isomesic (10 a 13°C)
Isothermic (13 a 21/22°C), Isohiperthermic (superior a 21/22°C)

Luego en lo posible, por régimen hídrico de humedad decreciente del suelo, que simplificando sería:

perudic: húmedo todo el año
udic: suelo seco menos de tres meses al año
ustic: suelo seco de tres a seis meses por año
ustic-aridic: seco más de seis meses por año

Como hemos indicado, estos regímenes hídricos son deducidos básicamente de las principales características de los suelos que se trata de cuantificar; por supuesto el aspecto de la vegetación entra también en esta estimación. Para algunos suelos modificados del conjunto L, estas distinciones pueden ser establecidas principalmente con la vegetación o a partir de suelos vecinos.

Las clima- toposecuencias

Del examen de la leyenda es fácil deducir algunas clima-toposecuencias de los suelos

Algunas secuencias teóricas están indicadas en el anexo de la leyenda, mostrando como se elaboran las sucesiones de suelos que figuran en un conjunto con los de otro conjunto.

Algunas transiciones son constantes: paso de los mollisoles H a los suelos con alofana D en regiones más húmedas, o suelos verticos V a los molisoles N, etc...

A los molisoles H de un pie de monte, cenizas finas depositadas a gran distancia, se oponen las cenizas más gruesas cerca del cono del volcán: alofánicas (D) si tienen cierta edad, Vitrandept (J) si son muy recientes. Pero los últimos sobresaltos más tranquilos del volcán pueden también manifestarse por un depósito de ceniza muy fina, que recubre en la proximidad del cráter los materiales más gruesos de los períodos de paroxismo.

En las provincias del Sur, las cenizas solo aparecen en las altitudes muy húmedas donde están fijados por la vegetación y se han vuelto coherentes por la humedad. Fuera de ellas, en las vertientes menos húmedas y elevadas han desaparecido barridos por la erosión eólica o el escurrimiento. Un límite climático (el régimen hídrico) se manifiesta de hecho por un cambio brusco de la roca madre de los suelos.

Estas regiones del Sur probablemente han sido antiguamente mucho más húmedas y se han podido formar profundos suelos rojos con hidróxidos de hierro. Estos suelos ya no existen sino en las partes más húmedas cuando no están recubiertas por cenizas. En las vertientes más secas, estos suelos subsisten en restos bien explicables en las partes protegidas de la erosión y en otros lados han sido destruidos hasta una profundidad variable. Según la intensidad de esta destrucción y la naturaleza del substrato original más o menos alterado, se puede encontrar en un mismo sitio suelos rojos montmorilloníticos, molisoles, suelos de tipo L, removidos relativamente jóvenes, suelos verticos, y suelos rojos muy desaturados en bases y muy antiguos (oxisols, ultisols..)

La primera etapa de la cartografía de una hoja consiste en establecer las principales clima-toposecuencias, al menos en las regiones de pendientes aceptables. Este trabajo exige generalmente muchos análisis químicos, físicos y mineralógicos de los suelos. Luego, prospecciones más detalladas permiten la delimitación de suelos, en varias etapas sucesivas, alternadas con ciertas determinaciones analíticas del laboratorio que ayudan a la comparación con los perfiles de referencia y por supuesto al estudio más completo de fotos aéreas. La precisión es más importante en las zonas de poca pendiente que en las partes accidentadas con suelos modificados, salvo el caso de suelos particularmente fértiles.

LA CARTOGRAFIA

Las cartas de suelos son establecidas a 1:50.000, a partir de fotos aéreas a 1:40.000 y de observaciones de campo, análisis, etc.. Siendo muy variable la altitud, la escala de las fotografías puede también ser variable y las deformaciones son muy importantes en una misma fotografía.

Los suelos están representados por letras, el modelado por cifras. Los trazados se realizan en negro sobre copias transparentes de los fondos de las cartas topográficas o planimétricas cuando éstos no existen. Las cartas planimétricas generalmente son esbozos de cartas bastante imprecisas y será necesario volver a tomar las fotos interpretadas para tomar nuevamente los datos tan pronto como sean impresas las cartas topográficas definitivas.

En estas cartas planimétricas se ha esforzado por indicar los datos topográficos provisionales cuando existen, incluso si estos no corresponden sino a ciertas partes de la hoja.

Las cartas establecidas sobre fondos topográficos permiten ubicarse fácilmente ya que todos los lugares importantes están indicados. En cambio, para realizar las cartas de aplicación, el dibujo aparece a veces un poco confuso y se ha creído útil publicar igualmente las mismas cartas de suelos pero sin fondos topográficos teniendo como señales solamente las ciudades y las rutas principales.

Los límites de los suelos están indicados con un trazo grueso, los límites de pendientes en el interior de los límites de suelos con líneas más finas. La comparación con las cartas que tienen fondos topográficos permite ubicarse enseguida con exactitud.

Las cartas de suelos a 1:50.000 contienen toda la información de base referente a los suelos con sus regímenes térmicos e hídricos. Habría sido posible utilizar una escala más pequeña para algunas hojas de vertientes montañosas, pero esto habría llevado en la mayoría de las otras cartas a perder una parte importante de la información necesaria en especial para la estimación de superficies utilizables. Había 150 cartas a 1:50.000 terminadas para fines de 1980.

Las cartas a 1:200.000 aíslan la información que no puede ser representada en su conjunto para presentar una visión de conjunto de un aspecto del problema. Esta puede ser una información pura (régimen hídrico y térmico) o la información integrada: mecanización (pendiente más suelo) o (pendiente + suelo + régimen de propiedad) etc... Para obtener la información necesaria para las cartas a 1:200.000 se parte siempre de cartas a 1:50.000 que encierran en una sola hoja toda la información reunida a la que es posible aumentar la información extraída de las cartas de utilización actual de los suelos o de estructuras agrarias, o del riego actual, establecida por la sección de Geografía (equipo GONDARD). Entonces se establece un calco, luego se lo reduce fotográficamente y se lo empalma a 1:200.000. Para facilidad y claridad del dibujo es posible además establecer los tramos y la nomenclatura directamente sobre las cartas a 1:50.000 antes de la reducción a 1:200.000. Hay 10 hojas a 1:200.000.

Con esta manera de operar, es preferible poder disponer de todas las cartas a escala de 1:50.000, incluso si algunas hojas, más bien raras, habrían podido ser reducidas a escalas inferiores sin que de esto resulte una pérdida de información de base seleccionada.

Hasta aquí, para obtener la información necesaria para las cartas de integración se ha operado siempre manualmente, pero se puede prever el recurso al computador y a la cartografía automática con el tipo de cartás y leyendas que hemos establecido. La cantidad de símbolos concernientes a las unidades cartográficas vuelven más fácil el establecimiento de claves de utilización o de integración de los datos, incluso si a primera vista la leyenda parece compleja.

La ventaja indiscutible de la informática es poder dar muy rápidamente respuesta a toda una serie de hipótesis económicas, sociales, políticas, agronómicas, etc.. Sin embargo, una primera confrontación manual es útil para apreciar la coherencia de las informaciones que serían dadas a la máquina para simulación.

Las cartas a 1:200.000 dan una visión del conjunto, más accesible para los economistas y planificadores de las informaciones que son seleccionadas en las cartas a 1:50.000 pero a veces es útil tener escalas más pequeñas.

Así, se puede considerar cartas a escala más pequeña que la de 1:200.000 sobre todo para los trabajos de síntesis de los economistas. La información puede entonces ser indicada en cuadros que se refieren a ciertos sitios de las cartas.

Supongamos por ejemplo valles estrechos y muy fértiles, irrigados, encuadrados por macizos erosionados, secos y estériles. En estas cartas a pequeña escala estos valles desaparecen y quedan claros solo los macizos estériles.

Un simple trazo que señala el valle, unido a un cuadro que indica las diversas superficies disponibles y sus características, permite una visión sintética de la región luego de haber extraído estas informaciones de las cartas a 1:50.000 que son los documentos de base esenciales. Una parte de esta información no habría podido ser indicada jamás si desde el principio se hubiera querido realizar cartas a pequeñas escalas.

Las cartas a 1:50.000 constituyen pues, el elemento de base fundamental. De estas cartas se puede extraer seleccionándola, simplificándola e integrándola, toda la información necesaria para representar en las escalas donde parece conveniente para una mejor comprensión de los utilizadoras.

En algunos casos habría sido preferible disponer de cartas de bases a escalas más grandes: 1/20.000 o 1:10.000 como fue el caso para nuestras cartas de las Antillas. Con fotos a 1:40.000, 1:50.000, esto no es posible. En las Antillas disponíamos casi en todas partes de fotos aéreas a 1:10.000 y en las montañas a 1:20.000.

CARTAS DEDUCIDAS DE LAS CARTAS DE SUELOS

Las cartas de suelos son nuevamente dibujadas sin los fondos topográficos dejando como únicas referencias las rutas principales y las ciudades importantes.

En estas cartas se destaca con tramos blancos y negros bien diferenciados, algunas zonas escogidas. Para una buena lectura de las cartas, es necesario limitar las distinciones esenciales a 5 o 6, pero se puede aumentar algunas variantes secundarias modificando el sentido de las tramas y el espesor del trazado.

Así es posible tener una vista instantánea del conjunto de la repartición de las zonas investigadas. Puesto que los símbolos y los límites de la carta de suelos y del mapeado aparecen en todas las cartas; si se desea es fácil representar más detalladamente las distinciones deseadas sea con letras o con cifras.

LAS CARTAS DE EROSION ACTUAL Y POTENCIAL (PELIGRO DE EROSION)

Estas cartas son establecidas a 1:50.000 teniendo como fondo las cartas de suelo. Las distinciones son efectuadas con tramos negros sobre fondo obscuro o gris.

Estas tienen como objetivo indicar primero, las zonas donde hay erosión y los riesgos graves de erosión, y luego, los tipos de erosión. Para facilitar la representación cartográfica se ha reagrupado los procesos de erosión que tienen consecuencias agronómicas o exigen técnicas similares de lucha antierosiva. Las informaciones secundarias podrán ser indicadas por trazos adicionales.

Se ha distinguido la erosión por escurrimiento (o laminar) y la erosión por soliflucción que es muy especial en los suelos que tienen un horizonte argílico montmorillonítico. La erosión en masa se refiere a los suelos arcillosos espesos o a los que tienen en profundidad discontinuidades en el drenaje.

En ciertos casos la erosión es esencialmente función del tipo del suelo; en otros es más bien la geomorfología de las vertientes que debe ser estudiada de manera más profunda, naturaleza de las formaciones subyacentes, buzamiento, etc...

La gravedad de los riesgos de erosión está ligada a la susceptibilidad a la erosión por su naturaleza, a la intensidad de pendiente y a la profundidad del suelo, cuando se trata de suelos poco espesos sobre substratos duros.

Los suelos actualmente muy erosionados son indicados con puntos gruesos. Las zonas en pendientes muy fuertes (+ del 70%) son representadas por un conjunto apretado de pequeños puntos. Cualquier desbroce de estas pendientes ocasionará una erosión fuerte.

Por lo tanto todo lo que está representado por puntos (pequeños o grandes) no conviene para el aprovechamiento agrícola y debe ser protegido ya sea dejando la vegetación natural o reforestando.

Los riesgos de erosión son indicados por tramas cada vez más oscuras cuanto mayores son las consecuencias.

Las tramas oscuras (cuadriculadas) implican obras antierosivas costosas para un aprovechamiento agrícola al que muchas veces es preferible renunciar en favor de la

reforestación. Se trata generalmente de suelos poco profundos.

Cuando las tramas se aclaran (trazos más o menos separados) los riesgos de erosión son menos graves, las obras antierosivas menos costosas y a veces solo es suficiente tomar precauciones.

El sentido de los trazos corresponde a la naturaleza de la erosión, erosión por escorrentía (laminar), por soliflucción, o en masa. Hemos juzgado más importante esta distinción que el riesgo de desertificación y por lo tanto ésta última aparece en las cartas claramente, pero con menos intensidad.

En efecto, es importante tomar medidas antierosivas muy severas en donde la erosión pueda traer una desertificación rápida y total de una región como es el caso de suelos poco profundos sobre sustrato duro.

Como se trata de regiones montañosas, donde casi en todas partes los riesgos de erosión son evidentes, ha sido necesario limitarse a las zonas particularmente sensibles y no mencionar los sectores donde las simples precauciones antierosivas son suficientes. Así, para la mayoría de los suelos de cenizas profundas y fértiles de la Sierra, solo las zonas de pendientes superiores a 40% (pendientes irregulares) a 50% (pendientes regulares) han sido consideradas como suelos que presentan riesgos. Es evidente que si no se toman precauciones las fuertes lluvias pueden provocar una escorrentía considerable incluso en pendiente de 20% o menores.

LAS ZONAS DE VOCACION FORESTAL: (colaboración con la Dirección General de Desarrollo Forestal del MAG)

De la carta de erosión es muy fácil deducir las cartas de vocación forestal.

Hay dos orientaciones:

1) las zonas a reforestar

Las regiones de pendientes muy fuertes, superiores a 70% deben dejarse con bosque o vegetación natural, solo el café puede ser cultivado en algunas áreas.

En las regiones de pendientes muy fuertes el bosque tendrá sobre todo un papel protector, siendo difícil la explotación de árboles, excepto en el caso de caminos que existen bajo las laderas.

El estudio más detallado de la estabilidad de algunas vertientes sería útil. Es inútil reforestar de una forma onerosa si las laderas se van a derrumbar periódicamente.

Las partes muy erosionadas se deben reforestar imperativamente a menos que se puedan emprender costosos trabajos antierosivos y siempre que lo permitan y justifiquen la profundidad de los suelos residuales, la naturaleza del sustrato o el medio humano.

Las tramas son cada vez más obscuras mientras más se imponen la reforestación, la protección del suelo y las medidas antierosivas. Se ha juzgado inútil mantener la distinción entre zonas actualmente muy erosionadas y zonas que presentan grandes riesgos de desertificación, que constaba en las cartas de erosión y de ha utilizado la misma trama obscura.

En las partes muy erosionadas sobre ceniza endurecida, cementada, el bosque tendrá también un papel protector, siendo el crecimiento de eucaliptos muy lento.

En cambio en algunos suelos muy poco profundos, sin horizontes diferenciados, que corresponden a un sustrato rocoso agrietado o con formación sedimentaria arcillosa de tipo molasas, etc..., El bosque podrá permitir una buena producción.

En estas zonas a reforestar es útil hacer preceder los trabajos por un estudio más precisos de las regiones que constan en la carta como muy erosionadas, ya que se pueden distinguir facies que pueden tener consecuencias en la política de reforestación.

En la primera etapa de su establecimiento, el mapa de suelos ha sido concebido para la planificación agrícola del país. Hubiera sido una pérdida de tiempo lamentable hacer estudios más detallados de las partes muy erosionadas que no tienen ninguna aptitud agrícola, perjudicando a la realización de la carta del país, la misma que se hubiera retrasado. Si se toma la decisión de reforestar algunos sectores, es conveniente hacer estudios más detallados de ellos.

2) Qué especies forestales de deberían plantar ?

La segunda inquietud a la cual trata de satisfacer la carta de aptitud forestal es la aptitud de las especies a las diversas condiciones del clima y del suelo.

El conjunto de resultados de la experimentación forestal realizado en el Ecuador ha sido examinado y comparado a los que dan la literatura de otros países de los Andes, con algunas correcciones debidas a la latitud. Se trata de conocer para cada especie, las condiciones del medio ambiente climático, la aptitud, la naturaleza de los suelos en relación con el crecimiento de los árboles y la producción cuantitativa o cualitativa del bosque.

Luego, es posible indicar, por zonas ecológicas que corresponden a los climas y a los suelos y deducidas de las cartas de suelos, cuáles son las especies a recomen darse. Estas zonas están delimitadas en las cartas por trazos negros gruesos y están indicadas mediante cifras, mientras que las indicaciones de las partes a re forestar aparecen en tramos oscuros cada vez más acentuados cuando se aconseja reforestación y cada vez más claros si la vocación agrícola o pastoral es mayor (excepto las pendientes muy fuertes que están representadas por pequeños puntos).

La carta de vocación forestal tiene entonces un doble fin: el indicar, por un lado, los lugares que merecen de preferencia ser reforestados o dejados con bosque; y por otra parte, cuales son las especies más convenientes, cualquiera que sean las motivaciones que puedan llevar a una reforestación.

Así mismo, en las cartas se ha indicado las regiones actualmente pobladas (bosques naturales o plantados) de acuerdo a las indicaciones dadas en las cartas de utili zación actual del suelo, de la succión de Geografía (GONDAPD y al.).

Es evidente que esas cartas deben ser mejoradas y perfeccionadas continuamente. Es una muy buena base de estudio para los forestales y la experimentación.

ZONIFICACION POTENCIAL DE LOS CULTIVOS

La zonificación potencial de los principales cultivos como hemos realizado en la Sierra, no tendría el mismo significado en otras regiones de clima y suelos más uni formes. El contexto muy particular de estas regiones accidentadas de climas muy con trastados nos ha llevado a establecer estas cartas.

Los cultivos no tienen las mismas necesidades. Lo que puede ser un factor limitante para un cultivo no lo es necesariamente para otro y a veces incluso es lo inverso.

Queriendo establecer una carta de síntesis para la mayoría de los cultivos se eluden algunos factores importantes o se está obligado a incluir modificaciones muy importan tes. En cambio, escogiendo un solo cultivo es posible seleccionar en la carta de suelos a 1:50.000 solo lo que es importante para el mismo.

Se indican también las relaciones con las otras plantas, pudiendo estas entrar en ro taciones o estar asociadas, pero si es necesaria una modificación ésta se refiere a esas plantas y no al cultivo principal.

Esta manera de proceder cultivo por cultivo, permite indicar igualmente en las cartas datos complementarios que se refieren a la zonificación de las variedades, la zonifi cación de las enfermedades o el parasitismo. Es posible indicar las técnicas de cul tivo o de riego adaptadas para cada sector cartografiado, las necesidades en elementos fertilizantes o correcciones. La concepción de la fertilización y de las correcciones es muy diferente si se trata de cultivos hortícolas o de pastos. Entran en juego las exigencias de las plantas y la rentabilidad.

Así, en estas cartas por cultivo es posible anotar toda la información que pueda ser útil para los cultivos y evitar que se pierdan ciertas indicaciones escritas u orales, obtenidas por ensayos o por la experiencia. Cuantos trabajos efectuados anteriormente han quedado inútiles porque no se sabe donde se han publicado y no se conoce su exis tencia. Como es posible hacer buen extrapolación.

Luego, es importante investigar y obtener toda la información que pueda ser útil para el cultivo considerado.

EJEMPLO DE ZONIFICACION POTENCIAL DEL TRIGO

Se ha distinguido:

- 1) Las regiones secas donde el riego es necesario. Pero el trigo es un cultivo raramente irrigado. Cuando hay agua, se prefiere otras cultivos más rentables. Además, el cultivo en plano no facilita el riego por gravedad como es el caso del cultivo por camellones.
Las zonas donde la irrigación es actualmente posible en más del 50% o menos de 50% de las superficies, han sido indicadas (indicación según las cartas de los geógrafos).
 - 2) Las regiones donde los rendimientos pueden ser fuertemente reducidos en algunos años a causa de la sequía. Es útil entonces una irrigación complementaria.
 - 3) Las regiones aptas para el trigo sin mayores limitaciones pero aptas también para otros cultivos que están indicados.
 - 4) Las regiones similares pero más frías y donde hay que tener riesgos de heladas. En cambio, las posibilidades de otros cultivos son más restringidas. El maíz no puede crecer (actualmente).
- 5-6) Las regiones donde es de temer un exceso de humedad, al menos en ciertos años, tanto en el suelo como en la atmósfera, y por último, las regiones en donde los riesgos de helada que vienen a sumarse a este limitante.

En cada una de estas categorías, que están representadas en los mapas por tramas en blanco y negro se puede aumentar si se quiere con símbolos, las limitaciones respectivas de las unidades cartográficas. Estas aparecen en las cartas establecidas en base de la carta de suelos.

La leyenda referente al modelado y a las estructuras agrarias (dimensión de las propiedades) llama la atención a las posibilidades, dificultades o la imposibilidad de mecanizar las operaciones de cultivo, y en particular, efectuar la cosecha con la cosechadora trilladora o agavilladora, etc...

ZONIFICACION POTENCIAL DEL MAIZ

Tiene más o menos las mismas distinciones que para el trigo, pero sin los riesgos de helada ya que el maíz no crece en altitudes en que se pueden encontrar riesgos.

Por el contrario, el maíz que para tener altos rendimientos necesita sin embargo mucha agua, se adapta mejor que el trigo a los climas secos donde con todos da cierta producción. En consecuencia, la delimitación de áreas de aptitudes ha sido claramente desplazada hacia regiones más secas que para aquellas que son aptas para el trigo.

Además, el maíz es más fácil de cosechar manualmente que el trigo, de manera que las zonas con pendientes superiores a 40 o 50% han sido mantenidas para el maíz cuando los suelos son favorables por supuesto, con recomendaciones para las medidas antierosivas necesarias.

ZONIFICACION POTENCIAL DE LA PAPA

Junto con el haba y algunas otras plantas específicas en los Andes, es el cultivo que se puede desarrollar en grandes altitudes. Esta planta acepta también regiones más húmedas. Se la observa en suelos con alofana, lo que suce de solo en algunas regiones con el trigo y prácticamente nunca con el maíz sobre los 2.000 m. de altura.

Las diversas zonas consideradas son sensiblemente las mismas que para el trigo, pero el conjunto está claramente desplazado hacia las zonas más húmedas y más frías.

Puesto que ciertas regiones húmedas y frías son aptas para la papa es preferible trata de darles el máximo de extensión a fin de liberar las tierras de las regiones más calientes y secas que convienen también a otros cultivos.

El cultivo en camellón ofrece menos riesgos de erosión que para el trigo, de manera que las pendientes fuertes puedan, en cierta medida, ser utilizadas con las precauciones antierosivas necesarias. Sin embargo, estas zonas muy accidentadas han sido indicadas claramente en las cartas para que se pueda prever sin abandono a mediano plazo.

ZONIFICACION POTENCIAL DE LOS PASTOS NATURALES Y ARTIFICIALES

Para el maíz habíamos extendido las zonas aptas hacia las regiones relativamente secas donde logra crecer aunque la producción sea baja.

Para el trigo es más bien hacia las zonas relativamente húmedas y también más frías (donde el maíz no crece) que nos habíamos orientado.

Para la papa: son las regiones más húmedas y más frías que deberían convenir principalmente a este cultivo, permitiendo liberar en otras partes tierras a las que se pueden adaptar otros cultivos.

Para los pastos por una parte las regiones muy húmedas templadas a menudo nubladas (generalmente suelos con alofana) y por otro las partes accidentadas no mecanizables en regiones moderadamente húmedas son las que convienen más. También hay pastos extensivos de regiones muy frías donde el cultivo es imposible.

Hemos creído útil distinguir 3 clases de posibilidades de mecanización ya que en las regiones con mucha lluvia las plantas adventicias, los arbustos, malezas, etc., retoman rápidamente el terreno. Así, nos ha parecido conveniente conocer si es posible pasar el "brush-cutter" en todas partes, o solamente en algunos sitios, o en ninguno.

Las zonas secas, poco productivas, sin riego, no están indicadas, y podrían ser objeto de otra serie de cartas referentes a los pastos extensivos temporales, el nomadismo.

OTRAS INDICACIONES REFERENTES A LAS CARTAS DE ZONIFICACION DE LOS CULTIVOS

En cada una de las cartas de zonificación, es posible encontrar las nociones generales sobre las reservas químicas de los principales suelos: la saturación de bases, etc.. Los suelos rojos arcillosos, muy pobres están indicados claramente por tramas especiales (encalado y enmiendas fosfatadas necesarias). Estas deficiencias no podrían ser corregidas de la misma manera para todos los cultivos.

1) PROBLEMA DE LAS VARIEDADES, DE LAS ENFERMEDADES, DEL PARASITISMO

Estos estudios son realizados a partir de las cartas de zonificación de cada cultivo, en colaboración con los responsables de estos cultivos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP).

Los sitios de ensayos, en estaciones y en lugares de condiciones similares, están indicados con los principales resultados obtenidos y las observaciones hechas sobre las variedades que dan los mejores resultados.

Se hace extrapolación sobre las zonas homogéneas cartografiadas.

En estas regiones de clima muy contrastado, las diferencias de comportamiento de las variedades pueden ser considerables en cortas distancias, pero los resultados son iguales en regiones homogéneas, aunque a veces estén muy alejadas. Así por la longitud de la Sierra y los efectos al viento, y a sotaviento, es posible encontrar zonas homogéneas a varios cientos de kilómetros de distancia, aunque la heterogeneidad es muy importante a poca distancia localmente y esto solo por las variaciones debidas a los climas.

Las enfermedades o los parásitos están generalmente ligados a las variedades ya que la selección se esfuerza por obtener las que son más resistentes (caso de las royas para el trigo, etc...).

Según los sectores, los problemas fitosanitarios no son los mismos. Por ejemplo, para la papa, hay parasitismo por los insectos en regiones relativamente secas, y las enfermedades criptogámicas en climas húmedos, etc...

Existen regiones de gran extensión para las cuales no hay indicación sobre las variedades a recomendar. Las superficies justifican experimentaciones en varios sitios similares?? Las cartas de zonificación pueden contribuir a una mejor planificación de investigaciones de variedades.

Para los pastos el problema es el de las especies a introducir, su mantenimiento, resistencia al pastoreo en diversos suelos, etc..

2) Productividad - Epocas de producción

Las cartas de zonificación deben ser completadas por indicaciones sobre los rendimientos en los diversos sectores. Los rendimientos actuales y potenciales dependen del modo de agricultura y de las técnicas empleadas.

Así mismo la epoca de producción debe ser precisada. Indicamos el regimen hidrico del suelo, pero en el caso de las regiones relativamente secas, conviene conocer si las lluvias estan lo suficientemente concentradas o repartidas para asegurar por ejemplo un buen cultivo de maiz, cebada, cada ano, o si su reparticion es tan aleatoria y dispersa de manera que los rendimientos anuales son muy bajos. Estos trabajos corresponden a la seccion de Agronomía.

3) Rotación de los cultivos

Debe considerarse la posibilidad de efectuar un segundo cultivo al fin de la estación de lluvias. Así mismo las rotaciones de cultivos para evitar la propagación de nemátodos, etc. si se quiere limitar o evitar los tratamientos químicos. Se indican siempre las posibilidades de realizar otros cultivos. Estas indicaciones deberán ser implementadas por la sección de Agronomía en las leyendas (equipo VICARIOT)

4) Factores humanos

Las dimensiones de las parcelas, grandes o pequeñas, reflejan la dimensión de las propiedades y las estructuras agrarias a falta de catastro: grandes y medianas propiedades por un lado, minifundio por otro. Evidentemente los problemas de la cosecha mecánica no se plantean de la misma manera en los dos casos.

Así mismo, la introducción de algunas técnicas nuevas o de variedades de mejor rendimiento, etc.. no se realizará con la misma rapidez según la dimensión de las explotaciones o la apertura de los agricultores.

Igualmente convendrá tener en cuenta las etnias (indios). De un pueblo a otro puede haber así fuertes variaciones de paisaje agrícola sin que los factores físicos sean muy diferentes. Las exigencias de una autonomía alimenticia, la naturaleza y la cantidad de adquisiciones que motivan la obtención de un excedente monetario agrícola no son las mismas.

ZONIFICACION DE OTROS CULTIVOS

Muchos otros cultivos secundarios, arvejas, habas, etc.. pueden estar ligados a los cultivos principales.

Algunas zonas de mediana altitud aparecen como muy favorables para el tomate. Actualmente son cultivados con caña y explotados de manera muy primitiva.

Para los cultivos frutales, la zonificación tiene una importancia considerable. Casi todos los frutales templados y tropicales son posibles en la Sierra, pero cada uno debe ser colocado en el micro-ambiente que le conviene más. Además, la zonificación no tiene sentido si no se tiene en cuenta los mercados posibles. Incluso si estos están fuertemente optimizados las superficies básicas no tienen necesidad de ser considerables. Existen también exigencias particulares para la irrigación, los suelos, problema de heladas en épocas de floración, etc.. Muchos suelos de arenas gruesas, actualmente inutilizados podrán convenir a los cultivos de frutales si el riego por goteo, aspersión fina, etc... fuesen posibles.

Estas cartas de zonificación son igualmente efectuadas para el café, pero este cultivo conviene también a las tierras cálidas de la Costa y el Oriente. El café se cultiva en regiones con estación seca bien marcada, en pequeñas extensiones diseminadas en el lado del Pacífico de la Cordillera. ¿Cuáles son las zonas en las que es deseable mantener e intensificar los rendimientos y la calidad? ¿Cuáles son las zonas en que parece inútil llevar los esfuerzos de vulgarización o de crédito?

En Colombia las mejores plantaciones están situadas en suelos con alofana en regiones muy húmedas de altitud (1000 - 1700 m) en pendientes muy fuertes. Regiones muy similares existen en el Ecuador (Cuellaje) sobre las estribaciones de la cordillera. Después de estudios más detallados de las enfermedades y algunos ensayos, hay que considerar una extensión de este cultivo en esas regiones utilizando plantas altamente productivas de café de calidad, seleccionadas en Colombia. Las cartas de zonificación abren camino para estas investigaciones.

La cabuya también se cultiva en regiones húmedas, estando abandonadas la mayoría de las plantaciones anteriormente establecidas en regiones secas. La cabuya subsiste en estas regiones solo para las cercas.

ZONIFICACION DE LAS DEFICIENCIAS MAYORES EN LOS SUELOS

Todos los agricultores de la Sierra conocen los abonos químicos. Muchos incluso los más pequeños los utilizan al menos antes de los cultivos o para ciertos cultivos productivos: tabaco, legumbres, etc..

Habiendo aumentado considerablemente el precio de los abonos durante estos últimos años, son numerosos los agricultores que nos han hecho conocer su duda de utilizarlos en el futuro en las mismas cantidades y frecuencias anteriores.

La zonificación de las deficiencias mayores permitiría delimitar los sitios donde los abonos clásicos completos no dan los resultados esperados y en cierta medida están desperdiciados, mientras no se hayan remediado las causas de infertilidad del suelo. Se trata generalmente de grandes deficiencias en fosfatos, toxicidades aluminicas, etc..

Los agricultores conocen en cada región los suelos que no producen nada sin abono. Es conveniente indicarles cuales son las encomiendas adaptadas (fósforo, calcio, magnesio, oligoelementos) en qué forma y en qué cantidad se deben aportar a los suelos ?

En cambio, en muchos otros lugares, los agricultores ignoran las razones reales que limitan su rendimiento.

Estas cartas podrían permitir una orientación del crédito hacia este tipo de mejoras de la tierra, esenciales en algunas zonas.

Serán necesarios algunos análisis químicos de los suelos, en particular en las regiones donde los abonos químicos y orgánicos son ya utilizados parcialmente.

CARTAS DE ZONIFICACION PARA EL RIEGO

Los estudios de la sección de Hidrología indican los recursos de agua de las diversas cuencas-vertientes, sea el agua que puede ser acumulada en los embalses, o ya sea el caudal mínimo de estiaje con el cual sería posible contar 11 meses por año.

En muchas de las cuencas vertientes de la Sierra, esta estimación se debe tomar con una cierta reserva ya que numerosos canales colectores que no están censados en su totalidad, y cuyos caudales no son conocidos, captan ya una parte del agua.

Es importante conocer las superficies y la repartición de los suelos más conveniente por su naturaleza y el modelado para la irrigación, a fin que los técnicos hidrólogos puedan determinar eventualmente si se justifica la construcción de ciertas obras destinadas a recuperar las aguas todavía no utilizadas.

Probablemente también tengan que mejorarse las técnicas de riego en ciertas regiones, en particular cuando se trata de suelos muy arenosos. Una buena parte de agua desaparece en profundidad con las actuales técnicas por sumersión, reduciendo igualmente la superficie irrigable cuando las disponibilidades en agua son limitadas. Algunas regiones muy arenosas actualmente no cultivadas o casi incultas, podrían así ser transformadas en ricos huertos con técnicas como el riego por goteo. Este técnica ha tenido una gran difusión estos últimos años en las Antillas, en los suelos de arenas de piedra pómez, para los aguacates, bananos, etc..

Algunas cartas anexas, tales como la de retención de agua útil de los suelos, podrían ayudar igualmente a racionalizar las técnicas de riego: sistemas de riego, dosis, frecuencias, riesgos eventuales de drenajes, etc..

ACTUALIZACIONES, MODIFICACIONES DE LAS CARTAS

Todas las cartas de zonificación potencial de los cultivos son establecidas en base de las cartas de suelos. Por lo tanto es posible en cualquier momento, mo dificarles si se cree conveniente. El fondo de la carta de suelos se encuentra al reverso del papel calco, el trazado está en el anverso y sin ningún problema se puede borrar raspándole o completar sin que se deba rehacer el mapa cada vez.

Algunas de estas cartas de síntesis se presentan a 1:200.0000. Para modificarlas es siempre necesario volver a las cartas de 1:50.000, para saber lo que ha sido concentrado y simplificado.

CONTRIBUCION PARA LA PLANIFICACION AGRICOLA DEL PAIS

Las cartas de zonificación potencial de los cultivos completadas por las indicaciones referentes a los rendimientos de las variedades, la lucha fitosanitaria, las infra estructuras generales o particulares (agro-industria) las estructuras agrarias y factores humanos, etc. permiten definir mejor y luego dar respuestas, alternativas a las opciones políticas del Gobierno por un ajuste progresivo de los objetivos a las realidades concretas del momento. Estos mapas son pues, uno de los elementos que permitirán concretar lo que es posible considerar razonablemente para el futuro orientando la política de las importaciones alimenticias, de los precios internos, de las inversiones y del crédito a los agricultores.

Quito: Julio 1979

Revisión de 8/1980

Note rédigée à la demande de l'ORSTOM par F. COLMET-DAAGE, Assesseur pour les cartes de sols de la Sierra et les cartes dérivées auprès du Programa Nacional de Regionalización Agraria du Ministerio de Agricultura y Ganadería de l'Equateur dans le cadre de la convention avec l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

VI/- / Cartographie des sols dans la sierra d'Equateur /
/..... et cartes dérivées-Méthodes-Objectifs /

ORSTOM-Antilles
Programa de Regionalizacion Agraria
Ministère de l'Agriculture
(convenio MAG-ORSTOM)
QUITTO-Ecuador, juillet 1979, 16 pp.

F.COLMET DAAGE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 102 F

CARTOGRAPHIE DES SOLS DANS LA SIERRA D'EQUATEUR ET CARTES DERIVEESMETHODES-OBJECTIFSINTRODUCTION

Le Ministère de l'Agriculture de l'Equateur a demandé à l'ORSTOM, en 1974, de l'aider à réaliser les cartes de sols de la Sierra en vue de la régionalisation et de la planification agricole du pays.

Ces études ont été effectuées dans le cadre du Programme National de Régionalisation Agricole - PRONAREG - de ce Ministère.

Il s'agissait donc de remettre ces travaux dans les meilleurs délais afin de pouvoir les intégrer avec ceux des autres disciplines de PRONAREG : Economie, Géographie humaine, hydrologie, etc... et des travaux d'autres départements du Ministère de l'agriculture ou d'autres Ministères.

La précision des cartes établies à l'échelle du 1/50 000 n'est pas uniforme. Les zones marginales, souvent en très fortes pentes, ont été traitées avec moins de détail, moins d'observations de terrain que les zones actuellement cultivées ou susceptibles de mise en valeur.

L'absence de photographies aériennes dans certaines régions a retardé la réalisation des cartes. Les photographies réalisées ces deux dernières années permettront de terminer en 1980 les dernières des 155 cartes de la Sierra à 1/50 000.

LE RELIEF

La Cordillière des Andes équatorienne est presque entièrement constituée de deux chaînes de montagne parallèles.

L'altitude des sommets est très élevée dans le Nord et le Centre du pays et plus faible dans le Sud.

La vallée interandine est située entre ces deux chaînes de montagnes à une altitude de 2000 à 3000 m dans toute la partie centrale et Nord.

Dans le Sud, il y a plusieurs chaînes de montagnes parallèles.

REGIME HYDRIQUE DES SOLS : PLUVIOMETRIE

La pluviométrie peut varier considérablement à très peu de distances: Les versants recevant les vents ascendants de la côte ou de l'amazonie sont généralement très humides.

Par contre dans les régions sous-le-vent, la pluviométrie décroît fortement. On peut ainsi à très peu de distances observer des sols de régions semi-arides avec accumulation de calcaire secondaire, et des sols de régions humides très acides et fortement désaturés en bases.

Le climat est le facteur essentiel de variations des sols. Or, les stations météorologiques sont localisées près des villes, généralement situées au fond des vallées dans les régions les plus sèches.

Dans la plupart des cas, les variations de la pluviométrie, de la température et de l'enneigement sont si importantes à peu de distances qu'il faudrait un nombre irréalisable de stations météorologiques pour pouvoir les apprécier.

Nous nous sommes donc efforcés de lier les caractéristiques et propriétés des sols aux climats qui ont contribué à leur formation. Le pédologue doit avoir à l'esprit la recherche de tous les indices possibles qui lui permettent de retrouver dans les sols (en s'aidant aussi de la végétation) les données qui font défaut sur l'environnement climatique, pour la détermination du régime hydrique du sol au cours de l'année.

La cartographie des sols permet en partant du sol de délimiter les variations du climat, avec beaucoup plus de précision que par l'extrapolation des seules données des stations météorologiques.

Dans un pays ayant des climats aussi contrastés, la connaissance du régime hydrique des sols est indispensable pour l'utilisation des cartes de sols.

.../...

Les classes de régimes hydriques des sols sont établies en accord avec les distinctions du Soil Taxonomy, bien qu'il ne puisse s'agir de discriminations aussi précises que celles qui peuvent être déduites des données des stations en régions de climats uniformes.

L'extrême diversité, et la forte amplitude des variations du régime hydrique à peu de distances, justifient cette manière d'agir. Une plus grande précision serait impossible à atteindre et d'une utilité illusoire.

Toutes les caractéristiques morphologiques, les propriétés du sol et les données concernant la nature minéralogique des argiles aident à déterminer le régime hydrique des sols et sont reliées entre elles et avec l'observation de la végétation naturelle ou des systèmes de cultures.

C'est ainsi que l'apparition de mycelium de calcaire dans les sols de cendres volcaniques est un signe évident d'aridité. Le degré de désaturation en bases des divers horizons et l'accumulation de matière organique, permettent d'apprécier, tenu compte de la température du sol, si l'humidité est surtout due à une faible évapotranspiration suite à un ennuagement important, ou à une pluviométrie abondante, etc...

L'apparition de l'horizon argilique, son épaisseur, l'importance des revêtements sont également pris en considération, l'hydratation des sols à allophane, etc...

On met ainsi en évidence une série de climo-séquences de sols déduites des propriétés et caractéristiques de ceux-ci en s'efforçant de préciser ou de chiffrer le plus possible celles-ci.

Cas des sols d'âges uniformes :

Dans le cas des dépôts de cendres recouvrant uniformément une région, et le plus souvent postérieures aux dernières glaciations, l'établissement des climo-séquences est relativement simple.

La vitesse d'altération de la cendre est plus rapide sur les cendres très fines que grossières. De même, l'accumulation de la matière organique est beaucoup plus intense dans le cas de cendres fines que dans le cas de sables grossiers très perméables. Quelques années d'irrigation par exemple suffiront à transformer le sable fin de la cendre volcanique en un terreau grumeleux, alors que le sable grossier demeure peu modifié.

Il est donc nécessaire, pour établir des climoséquences et connaître les relations entre les sols et le climat, de distinguer les cendres constituées de sables grossiers, moyens ou fins.

Le vieillissement des sols se traduit par l'apparition de plus en plus importante de l'argile : halloysite ou de l'allophane au toucher limoneux alors qu'il s'agit en fait de pseudo-limon, avec un degré d'hydratation très variable en relation avec le climat.

Cas des sols très anciens :

Certains sols, dans le Sud de la Sierra sont très anciens et résultent de phénomènes d'altération puis de transformation sur de très longues périodes de temps.

On ne peut s'y référer pour connaître le climat actuel. Certains sols rouges à kaolinite et hydroxydes de fer, très appauvris en éléments utilisables par les plantes, existent dans des régions qui sont pourtant actuellement relativement sèches. De tels sols sont devenus extrêmement stables, immuables dans le temps.

Dans presque tous les cas cependant il est possible de trouver des indices du climat actuel en examinant les sols en cours d'évolution actuellement sur les parties érodées ou rajeunies par l'érosion.

L'érosion peut avoir tout décapé jusqu'à la roche mère saine ou n'avoir concerné que les niveaux superficiels mettant à jour les horizons d'altération de diverses profondeurs. Il y a formation de toute une gamme de sols nouveaux qui reflètent le climat actuel.

Certains sols rouges très anciens peuvent ainsi cotoyer des mollisols ou des vertisols avec ou sans accumulation calcaire, formés sur les matériaux décapés par l'érosion. Ces sols rouges résiduels sont toujours observés dans les sites protégés de l'érosion et leur persistance dans le paysage s'explique avec évidence.

.../...

TEMPERATURE DU SOL - REGIME THERMIQUE

Les choses sont beaucoup plus simples pour la température du sol et l'estimation du régime thermique.

En effet, sous l'équateur et au-dessus de 2000 mètres d'altitude les variations au cours de l'année de la température du sol à 50 cm ou 100 cm de profondeur ne dépassent guère 1°C.

La température du sol semble varier un peu plus au cours de l'année lorsque l'altitude est inférieure à 2000 m.

Il suffit de la mesurer avec un thermomètre dans les tranchées fraîchement ouvertes ou dans la carotte avec la tarière. C'est ce que nous avons fait systématiquement pour tous les profils.

La température du sol est donc une donnée constante du sol et une caractéristique au même titre que certaines analyses chimiques ou minéralogiques. C'est un très bon reflet non seulement de la température extérieure mais aussi de l'enneigement et de l'évapotranspiration, lorsque l'on associe cette mesure à d'autres résultats d'observation ou d'analyses.

La température du sol peut être très différente pour une même altitude d'un versant à l'autre. C'est ainsi que la température est beaucoup plus faible sur les versants pluvieux et enneigés que sur les versants, d'altitude similaire, mais moins humides et plus ensoleillés.

A partir de certaines altitudes les gelées matinales peuvent affecter les cultures dangereusement à certaines périodes de l'année ou même toute l'année.

Choix des températures limites

Nous avons classé les régimes thermiques en fonction de températures choisies empiriquement d'après nos observations.

C'est ainsi que la température de sol de 10°C à 50 cm de profondeur indique de manière très spectaculaire et précise la limite de toutes les cultures et en particulier de celles qui montent le plus haut en altitude : la pomme de terre et la fève (habas).

Cette limite est-elle due à la température propre du sol qui limiterait l'activité microbienne ou est-elle le reflet d'une température basse extérieure qui implique des gelées matinales fréquentes interdisant la culture. Nous ne saurions trancher, mais la seconde hypothèse semble probable.

La température du sol à 50 cm de profondeur de 13° a été également retenue pour une autre limite. La couleur des sols de cendre change fortement. Ceux-ci passent du brun noir au-dessus de 13° au noir (chroma 0 ou 1) en dessous de 13°C. La végétation naturelle, les systèmes de cultures sont aussi fortement modifiés (disparition du maïs, etc...).

Enfin, la limite moins précise de 21/22°C sépare de manière très évidente les régions de cultures tropicales et celles des régions tempérées. Il n'y a guère que la canne et certains agrumes qui acceptent des températures plus basses.

La détermination de la température paraît une mesure essentielle. Dans certaines régions, et en liaison avec la température toutes les cultures cessent à 3200 mètres d'altitudes et, dans d'autres à 3800 mètres.

Dénomination des régimes de température

Nous avons gardé les mêmes dénominations que le Soil Taxonomy bien que les limites de classes de température ne soient plus les mêmes.

Isotrigid correspond à des températures inférieures à 10°C au lieu de 8° dans le système américain. Le D. Guy Smith s'est lui-même en Equateur rendu compte du bien fondé de cette modification.

Isomesic correspond à des températures du sol en profondeur comprises entre 10° et 13°C au lieu de 15° dans le Soil Taxonomy.

.../...

Isothermic à des températures du sol entre 13 et 21/22°C

Isohyperthermic enfin correspond comme dans le Soil Taxonomy à des températures du sol, en profondeur, supérieures à 21/22°C. Il semble en effet qu'aux basses altitudes il y ait davantage de variations annuelles qu'aux plus hautes altitudes et que la limite soit ainsi moins précise.

Avec certains types de sols, les mesures de la température n'ont pas de significations, du moins en certaines périodes de l'année. C'est le cas des vertisols aux sols très argileux, profondément fissurés en période de sécheresse. L'air circule en profondeur librement et la température du sol s'équilibre rapidement avec celle de l'air sans que l'effet tampon du sol puisse ici jouer. De plus dans la plupart des sols argileux ou caillouteux à l'état sec, il n'est pas possible d'enfoncer un thermomètre.

Les sols très grossièrement sableux ou graveleux, sont secs la plus grande partie de l'année, même en régions humides sur une certaine épaisseur. Surtout lorsqu'il s'agit de cendres noires, ces sols s'échauffent donc beaucoup et la mesure de la température doit être effectuée à plus grande profondeur.

D'une manière générale, nous nous sommes efforcés de mesurer la température à 50 cm et 100 cm. Il y a en général fort peu de différences.

LES SOLS ET LES UNITES CARTOGRAPHIQUES (Résumé très simplifié, cf note plus détaillée)

Les sols ou les unités cartographiques sont désignés par des lettres et classés dans des ensembles relativement cohérents, bien que ce dernier point ne soit pas essentiel.

Les ensembles sont représentés par des lettres majuscules. La minuscule suivante établit la distinction entre divers sols ou unités cartographiques d'un ensemble.

Ces lettres sont choisies arbitrairement.

Toute différence cartographiable qui est susceptible de modifier les aptitudes agronomiques des sols et d'intervenir par conséquent dans les cartes d'application est prise en considération et fait objet de distinction.

L'unité cartographique ainsi définie, peut se rattacher à des niveaux variés de la classification du Soil Taxonomy sous groupe famille, série, phase, etc... dont elle est indépendante. Le plus souvent, c'est la série.

En fait certaines unités cartographiques ou ensembles "collent" assez bien avec les distinctions du Soil Taxonomy mais d'autres n'ont guère de rapport. L'important est de savoir à quoi correspond l'unité cartographique qui demeurera immuable quelles que soient les modifications ultérieures du Soil Taxonomy.

Dans toute la mesure du possible on a évité les associations de sols trop différents qui peuvent poser, aux utilisateurs des cartes, des incertitudes. Lorsque c'est nécessaire on indique le pourcentage approximatif de chacun des sols associés.

Dans d'autres cas, on n'indique que le sol qui a le plus d'importance au point de vue agronomique en négligeant ceux qui occupent de faibles surfaces.

Lorsque les deux sols associés sont du point de vue agronomique très différents on peut aussi souligner d'un trait le sigle de celui qui est le plus fréquent et qui doit être d'abord pris en considération en première approximation, pour les cartes d'aptitudes.

Certaines caractéristiques sont indiquées par une troisième lettre minuscule. C'est le cas des graviers ponceux ou des intercalations de couches de ponces dans les sols de cendres volcaniques en trois classes : x, y, z.

C'est le cas aussi de l'état de saturation en bases dans les sols rouges ou jaunes argileux : x, y, z. lorsque celle-ci est faible.

C'est le cas aussi des cailloux "r" et des roches "R" éparses dans les sols quand il ne s'agit pas d'une caractéristique permanente du sol incluse dans le sigle.

.../...

LE MODELÉ

Le modelé est déduit des photographies aériennes par interprétation stéréoscopique avec des contrôles sur le terrain.

Les distinctions sont établies en vue de la mécanisation des opérations culturales et désignées par des chiffres de 1 à 7. C'est ainsi, que la classe 3 est analogue à la classe 2 (5 à 12 % de pente environ) mais le microrelief, les bosses, etc... peuvent gêner le passage de certaines machines.

Il est bien évident que le passage d'une classe de pente à une autre moyenne est souvent progressif car il n'y a pas que des pentes régulières.

Les limites d'une classe de pente à une autre immédiatement supérieure ou inférieure ne sont donc pas toujours, de ce fait d'une précision rigoureuse.

C'est cependant la seule méthode utilisable. Il n'est en effet possible, sur le terrain même d'estimer la valeur d'une pente que lorsque l'observateur est situé à l'endroit même de la pente à mesurer. Estimer la pente en l'observant d'un autre site conduit presque toujours à des résultats erronés.

Les courbes de niveaux des cartes topographiques à 1/50 000, quand celles-ci existent, ne renseignent que très imparfaitement sur les pentes, lorsque celles-ci sont régulières et conduisent à des résultats très erronés si la pente est irrégulière, bosselée, avec un microrelief important, des ravines, etc...

Un microrelief tourmenté peut inciter, du fait des difficultés de la mécanisation, à classer une zone ou une partie de la zone dans une classe de pente plus forte que si celle-ci est régulière. Au contraire, dans le cas d'une pente très uniforme il est possible d'étendre davantage la classe de pente inférieure (jusqu'à 50 % au lieu de 40 ; 25 au lieu de 20).

Tenu compte de cette relative imprécision dans le cas de passage progressif d'une classe de pente à une autre moyenne, il a été jugé utile de retenir 7 classes de pentes, ce qui évite les discontinuités trop fortes et des conséquences ainsi moins importantes pour l'interprétation agronomique que dans le cas de seulement 3 ou 4 classes.

Toutes les zones appartenant à la classe 7, c'est-à-dire avec des pentes supérieures à 70 % sont considérées a priori comme inaptes à l'agriculture et difficilement exploitables pour la forêt (sauf cas d'une route par exemple passant au pied du versant). On y observe cependant des caféiers par endroits...

La classe 6 comporte des pentes supérieures à 50 ou 40 % suivant que le microrelief est régulier ou notable. Dans le cas de sols relativement profonds, cette distinction est utile en Equateur, comme aux Antilles, puisque certaines cultures sont observées sur de très fortes pentes.

Dans le cas de sols très érodés et peu profonds la classe 6 a été parfois rattachée à la classe 7 puisque de toute manière il n'y a rien à y faire.

LES ENSEMBLES DE SOLS

Les sols de la Sierra sont extrêmement divers. Il a donc paru utile, comme nous l'avions fait pour les cartes de sols des Antilles, de rassembler les unités cartographiques, qui correspondent à des niveaux de classification très variés du Soil Taxonomy, dans des ensembles qui indiquent aussitôt certaines caractéristiques dominantes de ces sols. L'important est que l'unité cartographique souvent au niveau de la série, soit bien définie. Le rattachement à un ensemble est plus secondaire et le lien peut être assez lâche parfois. Cette manière d'ordonner les unités cartographiques (souvent des séries de sols) permet une vision, une compréhension plus synthétique dans un premier abord de la carte

Il apparaît ainsi que d'une manière simplifiée :

Dans tous les sols C la cangagua, ou cendre cimentée par la silice et très dure, apparaît à moins de 1 mètre de profondeur.

Tous les sols J sont des sols sableux sur cendres, non allophaniques.

.../...

Tous les sols H sont des sols de cendres avec présence de limon, généralement bien pourvus en bases échangeables et avec moins de 30 % d'argile. Dans ces sols, il y a formation progressive d'argiles halloysitiques et montmorillonitiques. Ils s'opposent ainsi aux sols M, qui renferment des horizons à plus de 30 % d'argile dans le premier mètre, et aux sols D dans lesquels se forme essentiellement l'allophane, plus désaturés en bases.

Les sols W. V. U. correspondent aux vertisols ou aux sols vertiques riches en argiles montmorillonitiques gonflantes et rétractables.

Par contre les sols I ont également une dominance de montmorillonite mais ont la couleur rouge des hydroxydes de fer qui masquent une partie de ses propriétés. De plus la montmorillonite y est souvent instable avec libération d'alumine et une forte acidité par endroit. Cette dégradation de la montmorillonite est plus accentuée dans les sols K qui ont parfois beaucoup d'illite. Les sols G très compacts et structurés à dominance de kaolinite appartiendraient déjà, au moins certains d'entre eux, aux sols ferrallitiques et s'opposent aux sols F souvent très friables (oxisols pour certains) avec les sols E en catégorie intermédiaire (vrais sols ferrallitiques mais compacts). Dans ces sols très argileux, la distinction de l'horizon argilic est souvent difficile et illusoire.

Sur les fortes pentes, il y a souvent beaucoup de remaniements, éboulements, glissements, mélange de sols relativement évolués avec des niveaux d'altération plus récents et rajeunissement des sols, le tout dans une grande hétérogénéité. L'horizon argilic qui est très net dans un profil n'apparaît plus à quelques mètres de là. Ces sols rajeunis, contenant généralement presque tous de la montmorillonite et de nombreux éléments en cours d'altération ou altérables, ont été rassemblés dans l'ensemble L.

Les sols sans horizons différenciés et généralement peu profonds et érodés sont classés dans l'ensemble S. Mais les conséquences agronomiques sont fort différentes s'il s'agit de sols peu profonds sur des matériaux durs ou sur des argiles ou des molasses sédimentaires plus ou moins réhydratées ou encore sur des arènes de départ de sols ferrallitiques relativement meubles. Dans cet ensemble, il a été souvent nécessaire de désigner par le sigle des associations de sols très différents mais non cartographiables à cette échelle, par exemple des reliques de sols rouges sur les parties protégées de l'érosion, associées à des sols érodés très peu profonds à peu de distance.

Les sols T sont des alluvions de vallées avec nappe en profondeur. Les sols A sont des sols organiques, etc...

Comme nous l'avons souligné déjà les ensembles ou les unités cartographiques peuvent se rattacher à divers niveaux de la classification américaine ou pas du tout.

Dans le cas des sols sur cendres de la Sierra, la distinction entre la présence, ou non, d'un horizon argilic, ou d'un horizon mollic est essentielle aussi bien dans le Soil Taxonomy que dans la cartographie des sols. Par contre, dans les sols argileux dérivés d'autres matériaux sédimentaires ou métamorphiques ou du volcanisme ancien, cette distinction entre les sols à horizon argilic ou non est : soit très difficile à établir (cas des sols très argileux), soit illusoire pour les sols en fortes pentes, souvent remaniés.

Certains auteurs reprochent au Soil Taxonomy de trop attacher d'importance à l'épipédon mollic et à l'horizon argilic. Or, pour la cartographie des sols dérivés de cendres volcaniques dans la Sierra ce sont là deux données essentielles. La limite de 50 % de saturation de bases indique de manière remarquable la formation de l'halloysite (mollisols) ou de l'allophane (andisols).

Dans chaque ensemble les sols sont classés, d'abord par régime de température : Isofrigid (inférieur à 10°C) isomesic (10 à 13°C) isothermic (13 à 21/22°C) isohyperthermic (supérieur à 21/22°C).

.../...

Puis dans la mesure où cela est possible par régime hydrique, d'humidité décroissante, du sol.

perudic	: humide toute l'année	} en simplifiant
udic	: sol sec moins de trois mois par an	
ustic	: sol sec de 3 à 6 mois par an	
ustic-aridic	: sec plus de 6 mois par an	

Comme nous l'avons indiqué, ces régimes hydriques sont déduits pour l'essentiel des caractéristiques des sols que l'on s'efforce de chiffrer. Bien entendu l'aspect de la végétation entre aussi en ligne de compte dans cette estimation. Pour certains sols remaniés, c'est essentiellement avec la végétation que ces distinctions peuvent être établies ou d'autres sols voisins.

LES CLIMO-TOPO SEQUENCES :

De l'examen de la légende, il est aisé de déduire un certain nombre de climo-topo-séquences de sols.

Plusieurs séquences théoriques sont indiquées en annexe de la légende montrant comment s'enchaînent les successions de sols figurant dans un ensemble avec ceux d'un autre ensemble.

Certaines transitions sont des constantes : passage des mollisols H aux sols à allophanes D en régions plus humides, ou des sols vertiques V aux mollisols N, etc...

Mais à l'intérieur, les irrégularités sont fréquentes.

Aux mollisols H d'un piedmont, cendres fines limoneuses déposées au loin s'opposent les cendres plus grossières près du cône du volcan ; allophanique (D) si elles ont un certain âge, vitrandent (J) si elles sont très récentes. Mais les ultimes soubresauts plus calmes du volcan peuvent aussi s'être traduits par un dépôt de cendre très fine recouvrant à proximité du cratère les matériaux plus grossiers des périodes de paroxysme.

Dans les provinces du Sud, les cendres n'apparaissent plus que dans les hauteurs très humides où elles sont fixées par la végétation et rendues cohérentes par l'humidité. Partout ailleurs sur les versants moins élevés et moins humides, elles ont disparu, balayées par l'érosion éolienne ou le ruissellement. Une limite climatique (le régime hydrique) se traduit donc en fait par un changement brutal de la roche mère des sols.

Ces régions du Sud ont probablement été dans le passé avant les glaciations beaucoup plus humides et de profonds sols rouges à hydroxydes de fer ont pu se former. Ces sols n'existent plus que dans les parties actuellement les plus humides, lorsqu'ils ne sont pas recouverts de cendres. Sur les versants plus secs, ils subsistent en reliques bien explicables dans les parties protégées de l'érosion et ont été rabotés ailleurs sur une profondeur variable. Suivant l'intensité de ce décapage et la nature du substratum mère plus ou moins altéré on peut donc trouver dans un même site des sols rouges montmorillonitiques, des mollisols, des sols de type L remaniés relativement jeunes, des sols vertiques et des sols rouges très désaturés en bases et très anciens (oxisols; ultisols...).

La première étape de la cartographie d'une feuille consiste à établir les principales climo-topo-séquences, tout au moins dans les régions de pentes acceptables. Ce travail exige généralement beaucoup d'analyses chimiques, physiques et minéralogiques de sols. Par la suite des prospections plus détaillées permettent la délimitation des sols, en plusieurs étapes successives, entrecoupées de certaines déterminations analytiques au laboratoire qui aident au rattachement aux profils de référence et bien entendu de l'étude plus fine des photos aériennes.

La précision est plus importante dans les zones de faibles pentes que dans les parties accidentées, aux sols remaniés, sauf cas de sols particulièrement fertiles.

LA CARTOGRAPHIE

Les cartes de sols sont établies à 1/50 000 à partir des photos aériennes à 1/40 000 et des observations de terrain, analyses, etc... L'altitude étant fort variable, l'échelle des photographies peut aussi être très variable et les déformations très importantes, dans une même photographie.

.../...

Les sols sont représentés par des lettres, le modelé par des chiffres. Les tracés sont réalisés en noir sur les tirages transparents des fonds de cartes topographiques ou des fonds de cartes planimétriques lorsque les fonds topographiques n'existent pas. Les cartes planimétriques sont souvent des ébauches de cartes fort imprécises et il sera nécessaire de reprendre les photos interprétées pour faire de nouveaux reports aussitôt que seront imprimées les cartes topographiques définitives.

Sur ces cartes planimétriques on s'est efforcé d'indiquer les données topographiques provisoires lorsqu'elles existent, même si celles-ci ne correspondent qu'à certaines portions de la feuille.

Les cartes établies sur fonds topographiques permettent de se repérer aisément puisque tous les lieux-dit sont indiqués. Par contre, pour réaliser les cartes d'application, le dessin apparaît parfois un peu confus et il a été jugé utile de publier également les mêmes cartes de sols mais sans fonds topographiques avec seulement pour tous repères les villages et les routes principales.

Les limites de sols sont indiquées en trait fort, les limites de pentes à l'intérieur des limites de sols en tirets plus fins. La comparaison avec les cartes avec fonds topographiques permet aussitôt de se localiser avec exactitude.

Les cartes des sols à 1/50 000 contiennent donc toute l'information de bases concernant les sols avec les régimes thermiques et hydriques de ceux-ci. Utiliser une échelle plus petite aurait été possible pour certaines feuilles des versants montagneux, mais cela aurait conduit dans la majorité des autres cartes à perdre une partie importante de l'information nécessaire, en particulier à l'estimation des surfaces utilisables. Il y aura 140 cartes à 1/50 000 terminées fin 1979, 160 en 1980.

Les cartes à 1/200 000 isolent l'information, qui ne peut être représentée dans son ensemble, en vue de présenter une vue d'ensemble d'un aspect du problème. Cela peut être l'information pure (régime hydrique et thermique) ou l'information intégrée, simplifiée, condensée, regroupée afin de pouvoir être bien lisible. Pour obtenir l'information nécessaire aux cartes à 1/200 000 on part toujours des cartes à 1/50 000 qui renferment sur une seule feuille toute l'information réunie, à laquelle il est possible d'ajouter l'information extraite des cartes d'utilisation actuelle des sols ou des structures agraires, de l'irrigation actuelle établie par la section de géographie (équipe GONDARD). Un calque est alors établi, puis réduit photographiquement et assemblé à 1/200 000. Pour la facilité et la netteté du dessin il est d'ailleurs possible d'établir les trames et la nomenclature directement sur les 1/50 000 avant la réduction à 1/200 000. Il y a dix feuilles à 1/200 000.

Avec cette façon d'opérer il est donc préférable de pouvoir disposer de toutes les cartes à l'échelle du 1/50 000, même si certaines feuilles, rares d'ailleurs, auraient pu être réduites à des échelles inférieures sans qu'il en résulte une perte de l'information globale de base.

Jusqu'ici pour obtenir l'information nécessaire aux cartes d'intégration, on a toujours opéré manuellement, mais le recours à l'ordinateur et à la cartographie automatique est facile à envisager avec le type de cartes et de légendes que nous avons établi. L'abondance des symboles concernant les unités cartographiques rend d'autant plus aisé, l'établissement des clefs d'utilisation ou d'intégration des données, même si dans un prime abord la légende paraît complexe.

L'avantage incontestable de l'informatique est de pouvoir donner très rapidement des réponses à toute une série d'hypothèses économiques, sociales, politiques, agronomiques, etc... Cependant une première confrontation manuelle est utile pour apprécier la cohérence des informations qui seront fournies à la machine en vue de la simulation.

Les cartes à 1/200 000 donnent une vision d'ensemble, plus accessible aux économistes, aux planificateurs, des informations qui sont sélectionnées dans les cartes à 1/50 000 mais il est parfois utile d'avoir des échelles plus petites.

.../...

On peut donc envisager des cartes à échelle aussi petite que le 1/2 000 000, pour les travaux de synthèse des économistes. L'information peut alors être indiquée dans des tableaux qui se réfèrent à certains sites des cartes.

Supposons par exemple des vallées étroites et très fertiles, irriguées, encadrées par des massifs érodés, secs et stériles. Dans les cartes à petite échelle, ces vallées disparaissent et il ne reste plus d'apparents que les massifs stériles. Un simple trait désignant la vallée, rattaché à un tableau indiquant en encadré les diverses surfaces disponibles et leurs caractéristiques, permet une vision synthétique de la région après avoir extrait ces informations des cartes à 1/50 000 qui restent les documents de bases essentiels. Une partie de cette information n'aurait jamais pu être indiquée si l'on avait voulu dès le départ réaliser des cartes à petites échelles.

Les cartes à 1/50 000 constituent donc l'élément de base fondamentale. De ces cartes on peut extraire en la sélectionnant, en la simplifiant et en l'intégrant, toute l'information désirée pour la représenter aux échelles où cela paraît désirable pour une meilleure compréhension par les utilisateurs.

Dans certains cas, il aurait été préférable de disposer de cartes de bases à des échelles plus grandes : 1/20 000 ou 1/10 000 comme ce fut le cas pour nos cartes des Antilles. Avec des photos à 1/40 000, 1/50 000, cela n'est pas possible. Aux Antilles, nous disposons presque partout de photos aériennes à 1/10 000 et dans les montagnes à 1/20 000.

CARTES DEDUITES DES CARTES DE SOLS.

Les cartes de sols sont redessinées sans le fonds topographique avec pour tout repère les routes principales et les villages importants.

Sur ces cartes, on met en évidence avec des trames noires et blanches, bien distinctes, quelques zones choisies. Pour une bonne lecture des cartes, il est nécessaire de limiter les distinctions essentielles à 5 ou 6, mais on peut ajouter quelques variantes secondaires en jouant sur le sens des trames, l'épaisseur des traits. Il est ainsi possible d'avoir une vue d'ensemble instantanée de la répartition des zones recherchées. Les symboles et les limites de la carte des sols et du modèle apparaissant sur toutes les cartes, il est facile, si on le désire, de figurer plus en détail les distinctions souhaitées qui pourront être figurées par des lettres ou des chiffres.

LES CARTES D'EROSION ACTUELLE ET POTENTIELLE (RISQUE D'EROSION)

Elles ont pour objectif d'indiquer d'abord les zones où il y a érosion et des risques sérieux d'érosion, puis ensuite les types d'érosion. Pour faciliter la représentation cartographique, on a regroupé les processus d'érosion qui ont des conséquences agronomiques ou exigent des techniques de lutte antiérosive semblables. Les informations secondaires pourront être indiquées par des surcharges.

On a distingué l'érosion par ruissellement (ou lamellaire) et celle par solifluxion qui est très spectaculaire dans les sols ayant un horizon argilic montmorillonitique. L'érosion en masse concerne les sols argileux épais ou ceux qui ont en profondeur des discontinuités dans le drainage.

Dans certains cas, l'érosion est essentiellement fonction du type de sol, dans d'autres cas, c'est plutôt la géomorphologie des versants qui serait à étudier de manière plus approfondie, nature des formations sous-jacentes, pendage, etc...

La gravité des risques d'érosion est liée à l'érodibilité du sol de par sa nature, à l'intensité de la pente et à la profondeur du sol, lorsqu'il s'agit de sols peu épais sur des substratum durs. Il est en effet important de prendre des mesures antiérosives très sévères là où l'érosion peut entraîner une désertification rapide et totale d'une région, ce qui est le cas des sols peu profonds sur substratum dur.

.../...

Les sols actuellement très érodés sont indiqués par de gros points. Les zones en très fortes pentes (plus de 70 %) sont représentées par des petits points serrés. Tout déboisement de ces pentes entraînera une érosion sévère.

Tout ce qui est figuré par des points (petits ou gros) ne convient donc pas à la mise en valeur et doit être protégé, soit en laissant la végétation naturelle, soit en reboisant.

Les risques d'érosion sont indiqués par des trames de plus en plus foncées que les conséquences sont importantes.

Les trames foncées (quadrillées) impliquent des ouvrages antiérosifs coûteux pour une mise en valeur agricole à laquelle il est souvent préférable de renoncer en faveur du reboisement. Il s'agit souvent de sols peu profonds.

Lorsque les trames s'éclaircissent (traits plus ou moins écartés) les risques d'érosion sont moins sévères, les ouvrages antiérosifs moins coûteux et à la limite des précautions suffisent.

Le sens des traits correspond à la nature de l'érosion, érosion par ruissellement (lamelar) par solifluxion, ou en masse. Nous avons jugé cette distinction moins importante que le risque de désertification, et elle apparaît donc sur les cartes, clairement, mais avec moins d'intensité.

Comme il s'agit de régions montagneuses, où presque partout les risques d'érosion sont évidents, il a bien fallu se limiter aux zones particulièrement sensibles et ne pas mentionner les secteurs où de simples précautions antiérosives sont suffisantes. C'est ainsi que pour la plupart des sols de cendres profonds et fertiles de la Sierra, seules les zones de pentes supérieures à 40 % (pentes irrégulières) ou 50 % (pentes régulières) ont été considérées comme présentant des risques. Il est bien évident que si l'on ne prend pas des précautions, les fortes pluies peuvent provoquer un ruissellement non négligeable même sur des pentes de 20 % ou inférieures.

LES ZONES D'APTITUDES FORESTIERES (collaboration avec la Dirección General de Desarrollo Forestal du MAG)

De la carte d'érosion il est très facile de déduire les cartes de vocation forestière.

Il y a deux orientations :

1/ Les zones à reboiser

- Les régions de très fortes pentes supérieures à 70 % sont à laisser en forêt ou en végétation naturelle. Seul, le café dans certaines régions peut être cultivé.

Dans ces régions de très fortes pentes, la forêt aura surtout un rôle protecteur, l'exploitation des arbres étant difficile sauf cas de routes existant au bas des versants.

L'étude plus détaillée de la stabilité de certains versants serait utile. Il est inutile de reboiser de façon onéreuse si les flancs doivent s'ébouler périodiquement.

- Les parties très érodées sont à reboiser impérativement à moins que de coûteux travaux antiérosifs puissent être entrepris si la profondeur des sols résiduels ou la nature du substratum, ou l'environnement humain le permettent et le justifient. Les trames sont de plus en plus foncées quand la reforestation, la protection du sol, les mesures antiérosives s'imposent. Il n'a pas été jugé utile de maintenir la distinction entre zones actuellement très érodées et zones présentant de grands risques de désertification, qui était figurée sur les cartes d'érosion et la même trame foncée a été utilisée.

Dans les parties très érodées, sur cendre durcie, cimentée, la forêt aura surtout un rôle protecteur, la croissance des eucalyptus étant très lente.

Par contre, sur certains sols très peu profonds sans horizons différenciés correspondant à un substratum rocheux fissuré ou à des formations sédimentaires argileuses de type molasses, etc... la forêt pourra permettre une bonne production.

Il est utile dans ces zones à reboiser, de faire précéder les travaux d'une étude plus précise concernant les régions figurées sur la carte comme très érodées, car divers faciès sont peut-être à distinguer avec des conséquences pour la politique de reboisement.

.../...

Dans le premier stade de son établissement, la carte des sols a été conçue pour la planification agricole du pays. Il aurait donc été regrettable de s'apesantir en détail sur les parties très érodées, qui n'ont aucune vocation agricole au détriment de la réalisation de l'ensemble de la carte du pays qui aurait été ralentie. Si la décision est prise de reforester certains secteurs, il est alors utile de reprendre avec plus de détails leur étude.

2/ Quelles essences forestières faut-il planter ?

La deuxième question à laquelle s'efforce de répondre la carte de vocation forestière, c'est l'aptitude des essences aux diverses conditions de climat et de sol.

L'ensemble des résultats d'expérimentation forestière menée en Equateur a été examiné et confronté à ceux que donne la littérature d'autres pays des Andes, avec quelques corrections dues à la latitude. On s'efforce de connaître pour chaque essence ou espèce, les conditions de l'environnement climatique, l'aptitude, la nature des sols en relation avec la croissance des arbres et la production quantitative ou qualitative de bois.

Il est donc possible d'indiquer par zones écologiques correspondant aux climats et aux sols et déduites des cartes de sols, quelles sont les essences à recommander. Ces zones sont délimitées sur les cartes par de gros traits noirs et figurées par des chiffres, alors que les indications sur les parties à reforester apparaissent en trames bistres qui sont de plus en plus foncées quand le reboisement est à conseiller, et de plus en plus claires, si la vocation agricole ou pastorale l'emporte (sauf les très fortes pentes figurées par de petits points).

La carte de vocation forestière a donc un double but : celui d'indiquer d'une part, les endroits qui méritent de préférence d'être reboisés ou laissés en forêt et d'autre part, quelles sont les essences qui conviennent le mieux, quelques soient les motivations qui peuvent inciter au reboisement.

Sur ces cartes, on a également indiqué les régions actuellement boisées (forêts naturelles ou plantées) d'après les indications portées sur les cartes d'utilisation actuelle des sols de la section de géographie (GONDARD et al).

Il est évident que de telles cartes sont destinées à être améliorées et perfectionnées sans cesse. C'est une très bonne base d'étude pour les forestiers et l'expérimentation forestière.

ZONIFICATION POTENTIELLE DES CULTURES

La zonification potentielle des principales cultures telle que nous l'avons réalisée dans la Sierra n'aurait pas la même justification dans d'autres régions de climat et de sols plus uniformes. C'est le contexte très particulier de ces régions accidentées aux climats très contrastés qui nous a incité à établir ces cartes.

Les cultures n'ont pas les mêmes exigences. Ce qui peut être un facteur limitant pour une culture, ne l'est pas nécessairement pour une autre et parfois c'est même l'inverse.

En voulant établir une carte de synthèse pour l'ensemble des cultures, on escamote certains facteurs importants, ou on est obligé à des distorsions très importantes. En choisissant au contraire une seule culture, il est possible de sélectionner dans la carte des sols au 1/50 000 que ce qui a de l'importance dans l'optique de cette culture.

Les relations avec les autres plantes sont également indiquées, celles-ci pouvant entrer dans des rotations ou être associées, mais si une distorsion est nécessaire, elle ne concerne que celles-ci et pas la culture principale.

Cette manière de procéder, culture par culture, permet d'indiquer également sur les cartes des données complémentaires qui concernent la zonification des variétés, la zonification des maladies ou du parasitisme. Il est possible d'indiquer les techniques culturales ou d'irrigation adaptées à chaque secteur cartographié, les besoins en éléments fertilisants ou amendements. La conception de la fertilisation et des amendements est bien différente s'il s'agit de cultures maraîchères ou de pâturages. Les exigences des plantes et la rentabilité entrent en jeu.

.../...

Il est ainsi possible sur ces cartes par culture de consigner toutes les informations qui peuvent être utiles pour les cultures et d'éviter que ne soient perdues certaines indications écrites ou orales, fruits d'expérimentations ou de l'expérience. Combien de travaux effectués dans le passé restent inutilisés parce que l'on ne sait pas où ils sont consignés et que l'on ne connaît pas leur existence.

Il importe donc de rechercher et d'extraire tout ce qui peut être utile à la culture envisagée, et d'extrapoler les résultats correctement.

EXEMPLE DE LA ZONIFICATION POTENTIELLE DU BLE

On a distingué :

1/ Les régions sèches où l'irrigation est nécessaire. Mais le blé est une culture rarement irriguée. Quand il y a de l'eau, on préfère d'autres spéculations plus rentables. De plus, la culture à plat ne facilite pas l'irrigation par gravité, comme c'est le cas de la culture en billons.

Les zones où l'irrigation est actuellement possible sur plus de 50 % ou moins de 50 % de la surface ont été indiquées (figuration d'après les cartes des géographes).

2/ Les régions où les rendements peuvent être fortement déprimés certaines années par la sécheresse. Une irrigation d'appoint est alors utile.

3/ Les régions convenant au blé sans limitations majeures mais convenant également à bien d'autres cultures qui sont indiquées.

4/ Les régions similaires mais plus froides et où des risques de gelées sont à craindre. En revanche, l'éventail des autres cultures possibles est plus restreint. Le maïs ne peut y croître (actuellement).

5-6/ Les régions où un excès d'humidité est à redouter, au moins certaines années, tant dans le sol que dans l'atmosphère, et enfin celles où des risques de gelées viennent aussi s'ajouter à cette contrainte.

Dans chacune de ces catégories, qui sont représentées sur les cartes par des trames en noir et blanc, on peut ajouter si on le veut par des symboles les contraintes respectives des unités cartographiques. Celles-ci apparaissent sur les cartes établies sur le fond de carte des sols.

La légende concernant le modelé et les structures agraires (dimension des propriétés) attire l'attention sur les possibilités, les difficultés ou l'impossibilité de mécaniser les opérations culturales et en particulier, d'effectuer la récolte à la moissonneuse batteuse, à la moissonneuse lieuse, etc...

ZONIFICATION POTENTIELLE DU MAIS

C'est à peu près les mêmes distinctions que pour le blé, mais sans les risques de gelées puisque le maïs ne croît pas aux altitudes où ces risques peuvent se rencontrer.

Par contre, le maïs, qui pour avoir de hauts rendements, a pourtant des besoins en eau importants, s'adapte mieux que le blé aux climats secs où il donne quand même une certaine production. La délimitation des aires d'aptitudes a donc en conséquence été nettement décalée vers les régions plus sèches que pour celles convenant au blé. De plus, le maïs est plus aisé à récolter à la main que le blé, de sorte que les zones avec des pentes supérieures à 40 ou 50 % ont été maintenues pour le maïs lorsque les sols sont favorables, avec bien entendu les recommandations pour les mesures antiérosives à prendre.

ZONIFICATION POTENTIELLE DE LA POMME DE TERRE

C'est avec la fève (habas) et quelques autres plantes spécifiques des Andes, la culture qui accepte de prospérer le plus haut en altitude. La plante accepte aussi des régions plus humides. On l'observe sur les sols à allophane, ce qui n'est le cas que dans quelques régions pour le blé et pratiquement jamais pour le maïs au-dessus de 2000m d'altitude.

Les diverses zones envisagées sont sensiblement les mêmes que pour le blé, mais l'ensemble est nettement décalé vers les zones plus humides et plus froides.

Certaines régions humides et froides convenant à la pomme de terre, il est préférable d'essayer de donner à celle-ci le maximum d'extension, afin de libérer les terres des régions plus chaudes et plus sèches qui conviennent également à d'autres cultures.

La culture en billon offre moins de risques à l'érosion que pour le blé de sorte que les fortes pentes peuvent, dans une certaine mesure, être utilisées moyennant les précautions antiérosives nécessaires. Néanmoins, ces zones très accidentées ont été indiquées clairement sur les cartes pour que leur abandon à moyen terme puisse être envisagé.

ZONIFICATION POTENTIELLE DES PATURAGES NATURELS ET ARTIFICIELS

Pour le maïs, nous avons étendu les zones d'aptitudes vers les régions relativement sèches où il arrive cependant à croître même si la production est faible.

Pour le blé, c'est plutôt vers les zones relativement humides et aussi plus froides (où le maïs ne croît pas) que nous nous étions davantage orientés.

Pour la pomme de terre, ce sont les régions nettement plus humides et plus froides qui devraient essentiellement convenir à cette culture en permettant de libérer ailleurs des terres auxquelles s'adaptent d'autres cultures.

Pour les pâturages, ce sont d'une part les régions très humides tempérées ou chaudes souvent ennuagées (généralement des sols à allophane) et d'autre part les parties accidentées non mécanisables en régions modérément humides qui conviennent le mieux.

Il y a aussi les pâturages extensifs des régions très froides où la culture est impossible.

Nous avons cru utile de distinguer trois classes de possibilités de mécanisation, car dans les régions très arrosées, les plantes adventices, les arbustes, broussailles, etc... reconquièrent très vite le terrain. Il nous a donc paru utile de savoir s'il est possible de passer le brush-cutter, partout, ou seulement dans certains sites, ou dans aucun endroit.

Les zones sèches, peu productives sans irrigation ne sont pas indiquées, cela pourrait faire l'objet d'une autre série de cartes concernant les pâturages extensifs temporaires, la transhumance.

AUTRES INDICATIONS CONCERNANT LES CARTES DE ZONIFICATION DES CULTURES

Dans chacune des cartes de zonification, il est également possible de retrouver les notions générales sur les réserves chimiques des principaux sols - la saturation de bases, etc... Les sols rouges argileux, très pauvres, sont indiqués bien clairement par des trames particulières (chaulage, et amendements phosphates nécessaires). Ces déficiences ne sauraient être corrigées de la même manière pour toutes les cultures.

Problème des variétés, des maladies, du parasitisme

Ces études sont réalisées, à partir des cartes de zonification de chaque culture, en collaboration avec les responsables de ces cultures de l'Institut National de la Recherche Agronomique et de l'élevage de l'Equateur (INIAP).

Les emplacements des essais, en stations et multilocaux, sont indiqués avec les principaux résultats obtenus et les observations faites sur les variétés en tête de classement. L'extrapolation est faite sur les zones homogènes cartographiées.

Dans ces régions au climat très contrasté, les différences de comportement des variétés peuvent être considérables à peu de distances, mais les résultats identiques dans des régions homogènes, bien que parfois très éloignées. C'est ainsi qu'avec l'étirement en longueur de la Sierra et les effets au vent et sous-le-vent, il est possible de trouver des zones homogènes à plusieurs centaines de kilomètres de distance, alors que l'hétérogénéité est très importante à peu de distance localement, quelques kilomètres, et ceci pour les seules variations dues aux climats.

.../...

Les maladies ou le parasitisme sont souvent liés aux variétés puisque la sélection s'efforce d'obtenir celles qui sont les plus résistantes (cas des rouilles pour les blés, etc...).

Suivant les secteurs, les problèmes phytosanitaires ne sont pas les mêmes. Par exemple, pour la pomme de terre, il y a le parasitisme par les insectes en régions relativement sèches, et les maladies cryptogamiques en climat humide, etc...

Y-a-t'il des régions d'étendues importantes pour lesquelles il n'y a pas d'indication sur les variétés à recommander - les surfaces justifient-elles des expérimentations multilocales. Les cartes de zonification peuvent contribuer à une meilleure planification des recherches variétales.

Pour les pâturages, c'est le problème des espèces à planter, de leur maintien, de leur résistance au pacage sur divers sols, etc...

Productivité - époques de production -

Les cartes de zonification doivent être complétées par des indications sur les rendements dans divers secteurs. Les rendements actuels et potentiels dépendent du mode d'agriculture et des techniques employées.

De même, l'époque de production doit être précisée. Nous indiquons le régime hydrique du sol, mais dans le cas des régions relativement sèches, il est important de savoir si les pluies sont suffisamment groupées ou bien réparties pour assurer par exemple une bonne culture de maïs ou d'orge chaque année, ou si leur répartition est si aléatoire et dispersée que les rendements restent chaque année très faibles. Ces travaux incombent à la section agronomie.

Rotation de cultures

La possibilité d'effectuer une deuxième culture de fin de saison des pluies est à envisager. De même, les rotations de cultures pour éviter la propagation des nématodes, etc... si l'on veut limiter ou éviter les traitements.

Les possibilités de réaliser d'autres cultures sont toujours indiquées. Ces indications devront être complétées par la section d'agronomie dans les légendes (équipe VICARIOT ...).

Facteurs humains, etc...

Les dimensions des parcelles, grandes ou petites, reflètent la dimension des propriétés et les structures agraires à défaut du cadastre : moyennes et grandes propriétés d'une part, minifundio d'autre part. Il est bien évident que les problèmes de récolte à la machine ne se posent pas dans les deux cas de la même façon.

De même, l'introduction de certaines techniques nouvelles, ou de variétés plus performantes, etc... ne se réalisera pas avec la même rapidité suivant la dimension des exploitations, l'ouverture d'esprit des agriculteurs.

Il faudra également tenir compte des ethnies (indiens). D'un village à l'autre, il peut y avoir ainsi de fortes variations du paysage agricole sans que les facteurs physiques soient très différents. Les exigences d'une autonomie alimentaire, la nature et la quantité des achats qui motivent l'obtention d'un surplus monétaire agricole ne sont pas les mêmes.

ZONIFICATION D'AUTRES CULTURES

Beaucoup d'autres cultures secondaires, petits pois, fèves, etc... peuvent être reliées aux cultures principales.

Certaines zones d'altitude moyenne apparaissent comme très favorables pour la tomate. Actuellement, elles sont cultivées en Canne et exploitées de manière très primitive.

Pour les cultures fruitières, la zonification a une importance considérable. Presque tous les fruitiers tempérés et tropicaux sont possibles dans la Sierra, mais chacun doit être placé dans le micro-environnement qui lui convient le mieux. De plus, la zonification n'a de sens que si l'on tient compte des débouchés probables. Même si ceux-ci sont fortement optimisés, les surfaces nécessaires n'ont pas besoin d'être considérables. Il y a aussi des exigences particulières pour l'irrigation, les sols, le problème des gelées aux époques de floraison, etc... Bien des sols de sables grossiers actuellement inutilisés pourraient convenir aux cultures fruitières si l'irrigation au goutte à goutte, microjet... était possible.

Ces cartes de zonification sont aussi effectuées pour le caféier, mais cette culture concerne aussi les terres chaudes de la côte et de l'Orient.

Le café est cultivé dans des régions à saison sèche bien marquée, en petites étendues disséminées sur le flanc Pacifique de la Cordillère. Quelles sont les zones où il est souhaitable de maintenir et d'intensifier les rendements et la qualité ? Quelles sont les zones où il paraît vain de porter les efforts de vulgarisation ou de crédits.

En Colombie, les meilleures plantations sont situées sur des sols à allophane en régions très humides d'altitude (1000 à 1700 m) en très fortes pentes. Or des régions tout à fait analogues existent en Equateur (Cuellaje) sur les versants de la Cordillère. Après une étude plus détaillée des maladies et quelques expérimentations, faut-il envisager une extension de cette culture dans ces régions en utilisant les plants hautement productifs de café de qualité sélectionnés en Colombie ? Les cartes de zonification ouvrent la voie à ces recherches.

Le sisal est désormais lui aussi essentiellement cultivé en région très humide, la plupart des plantations jadis établies dans les régions sèches ayant été abandonnées. Le sisal ne subsiste plus dans ces régions que pour les clôtures.

ZONIFICATION DES DEFICIENCES MAJEURES DANS LES SOLS

Tous les agriculteurs de la Sierra connaissent les engrais chimiques. Beaucoup, même parmi les plus petits, les utilisent au moins en tête d'assolement ou pour certaines cultures rémunératrices : tabac, légumes ...

Les prix des engrais ayant considérablement augmenté ces dernières années, nombreux sont les agriculteurs qui nous ont fait part de leur hésitation à les employer désormais, où avec les mêmes quantités et fréquences qu'autrefois.

La zonification des déficiences majeures permettra de délimiter les endroits où les engrais classiques ternaires ne donnent pas les résultats escomptés et sont dans une certaine proportion gaspillés, tant que l'on n'aura pas remédié aux causes essentielles de l'infertilité du sol. Il s'agit souvent de fortes déficiences en phosphates, de toxicités aluminiques, etc...

Les agriculteurs connaissent dans chaque région les sols qui ne produisent rien sans engrais. Il est utile de leur indiquer quels sont les amendements adaptés (phosphatés, calciques, magnésiens, oligoéléments) sous quelle forme et en quelles quantités les apporter aux sols.

Dans bien d'autres endroits par contre, les agriculteurs ignorent les raisons réelles qui limitent leurs rendements.

Ces cartes pourront permettre une orientation du crédit vers ce type d'améliorations foncières, essentiel dans certaines zones.

Dé nombreuses analyses chimiques de sols seront nécessaires, en particulier, dans les régions où les amendements et fumures sont déjà utilisés partiellement.

CARTES DE ZONIFICATION EN VUE DE L'IRRIGATION

Les études de la section hydrologique indiquent les ressources en eau des divers bassins versants, soit l'eau qui peut-être accumulée dans des barrages, soit le débit minimum d'étiage sur lequel il serait possible de compter 11 mois par an.

Dans beaucoup de bassins versants de la Sierra, cette estimation est d'ailleurs à prendre avec une certaine réserve puisque de nombreux canaux collecteurs, qui ne sont pas tous recensés, et dont les débits ne sont pas connus, captent déjà une partie de l'eau.

Il est important de connaître les surfaces et la répartition des sols qui conviennent le mieux par leur nature et le modelé, à l'irrigation pour que les hydrauliciens puissent éventuellement déterminer si la construction de certains ouvrages destinés à récupérer des eaux encore non utilisées est justifiée.

Les techniques d'irrigation sont probablement aussi à améliorer dans certaines régions, en particulier lorsqu'il s'agit de sols très sableux. Une bonne partie de l'eau disparaît en profondeur avec les techniques actuelles par submersion, réduisant d'autant les surfaces irrigables lorsque les disponibilités

en eau sont limitées. Certaines régions très sableuses, actuellement incultes ou presque, pourraient ainsi être transformées en riches vergers avec des techniques telles que l'irrigation au goutte à goutte. Celle-ci a connu une grande diffusion ces dernières années aux Antilles, dans les sols de sables ponceux pour les avocats, les bananiers, les agrumes, etc...

Certaines cartes annexes, telles que les cartes de rétention en eau utile des sols pourront aider également à rationaliser les techniques d'irrigation: systèmes d'irrigation, doses, fréquences, aléas éventuels du drainage, etc...

MISE A JOUR, MODIFICATIONS, DES CARTES

Toutes les cartes de zonification potentielle de cultures, sont établies sur les fonds cartes de sols. Il est donc possible à tout moment de les modifier si on le juge utile. Le fond carte des sols est au verso du calque, le dessin est réalisé au recto et peut donc être sans aucun problème, effacé par grattage ou complété sans qu'il y ait à refaire la carte à chaque fois.

Certaines cartes de synthèse sont présentées à 1/200 000. Pour modifier celles-ci, il est par contre toujours nécessaire de revenir aux cartes à 1/50 000 pour savoir ce qui a été regroupé et simplifié.

CONTRIBUTION A LA PLANIFICATION AGRICOLE DU PAYS

Les cartes de zonification potentielle des cultures, complétées par les indications concernant les rendements, les variétés, la lutte phyto sanitaire, les infrastructures générales ou particulières (agro industrie) les structures agraires et facteurs humains, etc... la rentabilité des cultures dans diverses conditions, etc... permettent de mieux définir puis de donner des réponses, des alternatives, aux options politiques du gouvernement par un ajustement progressif des objectifs aux réalités concrètes du moment.

Elle sont donc un des éléments qui permettent de concrétiser ce qu'il est possible raisonnablement d'envisager pour l'avenir en orientant la politique des importations alimentaires, des prix intérieurs, des investissements, et du crédit aux agriculteurs.

Note rédigée à la demande de l'ORSTOM par F.COLMET-DAAGE
 Assesseur pour ces cartes de la Sierra
 auprès du PROGRAMA DE REGIONALIZACION
 AGRARIA du Ministère de l'Agriculture
 (convenio MAG-ORSTOM) .
 QUITO-ECUADOR
 Juillet 1979

Edition de Juin 1980 légèrement modifiée