

Etude de sols fersiallitiques désaturés du plateau de Tango (Nouvelle-Calédonie)

B. DENIS

Pédologue ORSTOM, Centre de Bondy, 72-74 route d'Aulnay, 93143 Bondy Cédex

RÉSUMÉ

Le plateau de Tango est situé dans la Chaîne Centrale du Territoire de Nouvelle-Calédonie. Il est représentatif d'un ensemble occupant une surface importante et composé de hautes collines à pentes fortes et à talwegs relativement étroits dont le substratum est formé de schistes et de micaschistes. Les précipitations annuelles sont comprises entre 1800 à 2200 mm.

Ces sols ont en commun leur couleur rouge (5 YR à 10 R), leur structure polyédrique moyenne et fine bien développée, leur rapport fer libre/fer total élevé (> 80 %), enfin le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ supérieur à 2. La nature minéralogique des argiles (vermiculite ou illite-vermiculite) et le taux de limons fins dans l'horizon B permettent de penser que ces sols sont riches en minéraux altérables.

Une classification au sein du système proposée par la Commission française de Pédologie et de Cartographie des Sols (C.P.C.S.) pose un certain nombre de problèmes. En effet les critères retenus sont trop axés sur l'influence du calcaire et la faible désaturation du complexe absorbant alors que les sols du Plateau de Tango présentent une désaturation poussée ($S/T < 10\%$), une acidité marquée ($\text{pH} \leq 5,3$) et la prédominance d'aluminium échangeable sur le complexe absorbant ($\text{Al}^{3+}/T > 90\%$).

Pour tenter de remédier à ces inconvénients, il est proposé d'une part un schéma de refonte de la sous-classe des sols fersiallitiques, d'autre part de classer les sols à l'aide d'un autre système (classification SÉGALEN et al., 1979).

MOTS-CLÉS : Nouvelle-Calédonie — Sols fersiallitiques — Désaturés — Acides — Caractérisation — Essai de classification — Schistes

ABSTRACT

STUDY OF UNSATURATED FERSIALLITIC SOILS OF THE TANGO PLATEAU (NEW-CALÉDONIA)

The Tango table-land is situated in New Caledonia's Central Mountain Range. It is representative of a mass occupying a considerable surface area and is made up of high hills with steep slopes and relatively narrow talwegs, the substratum of which is formed of schists and micaschists. The annual rainfall is in the vicinity of 1 800 to 2 000 mm.

These soils having the following points in common, their reddish colour (5 YR à 10 R), their well-developed medium and fine polyhedral structure, their high iron-free/iron-total ratio (> 80 %) and lastly their $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ exceeding 2. The mineralogical nature of the clays (vermiculite or illite-vermiculite) and the rate of fine alluvium in the B horizon lead one to think that these soils are rich in alterable minerals.

A classification within the system, proposed by the French Commission of Pedology and Soil Cartography poses a certain number of problems. Indeed, the criteria retained place far too much emphasis on the influence of chalky soil and the weak desaturation of the absorbant complex whilst the soils of the Tango table-land show an extreme desaturation ($S/T < 10\%$) and a marked acidity ($\text{pH} \leq 5.3$) and the predominance of exchangeable aluminium on the absorbant complex ($\text{Al}^{3+}/T > 90\%$).

In order to overcome these drawbacks a reconstructed diagram of the sub-class of fersiallitic soils is proposed on the one hand and on the other hand that the soils be classified with the aid of a new system (SEGALEN classification et al.).

KEY WORDS : New-Caledonia — Fersiallitic soils — Desaturated — Characterisation — Essay of new classification.

RESUMEN

La meseta de Tango queda localizada en el Sistema Central del Territorio de Nueva Caledonia. Es el arquetipo de un conjunto que abarca una superficie importante y se compone de altas lomas de fuertes pendientes y talwegs relativamente estrechas cuyo substrato está formado de esquistos y micacitas. La media anual de lluvias oscila entre 1 800 y 2 200 milímetros.

Esos suelos tienen en común un color rojo (5 YR à 10 R), una estructura poliédrica mediana y fina bien desarrollada, una proporción hierro libre/hierro total elevada (> 80 %), finalmente una proporción $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ superior a 2. La clase mineralógica de las arcillas (vermiculita o hidrómica) y la cuota de légamos finos en el horizonte B permiten pensar que esos suelos son ricos en minerales alterables.

Una clasificación dentro del sistema, propuesta por la Comisión Francesa de Pedología y Cartografía de los Suelos plantea unos cuantos problemas. En efecto los criterios tomados quedan muy influidos por la caliza y la escasa desaturación del complejo absorbente, cuando los suelos de la Meseta de Tango presentan una desaturación extremada ($S/T < 10\%$), una acidez importante ($\text{pH} \leq 5,3$) y el predominio de aluminio cambiante en el complejo absorbente ($\text{Al}^{3+}/T > 90\%$).

Para intentar remediar estos inconvenientes, se propone por una parte un esquema de refundición de la sub-clase de los suelos fersiallíticos y por otra parte la clasificación de los suelos mediante un nuevo sistema (clasificación de SEGALEN y al.).

PALABRAS CLAVES : Suelos fersiallíticos — New-Caledonia.

INTRODUCTION

La majorité des sols qui se sont développés dans la Chaîne Centrale de la Nouvelle-Calédonie sont des sols fersiallitiques. Afin d'étudier leurs caractéristiques propres et les problèmes posés par leur classification, une toposéquence a été choisie entre Kone et Bopobe, dans le périmètre de reboisement des Eaux et Forêts dénommé « Plateau de Tango ».

Cette étude complète les observations antérieures de M. LATHAM (1976-1978), G. TERCINIER (1962).

1. LE MILIEU NATUREL

La Nouvelle-Calédonie est une île du Pacifique Sud de 500 km de long et de 40 km de large. La chaîne centrale, culminant à 1 609 mètres, divise le Territoire en deux secteurs à la morphologie et au climat très différenciés : la côte ouest aux nombreuses plaines subissant un climat caractérisé par une saison sèche marquée de septembre à décembre et des précipitations annuelles moyennes de 1 200 mm ; la côte est aux vallées généralement étroites bénéficiant de précipitations supérieures à 2 000 mm mieux réparties au long de l'année (fig.1).

L'étude du climat, du substratum géologique et de la végétation de la zone de Tango permet de caractériser le milieu naturel où se sont développés les sols de la séquence choisie comme représentative.

ser le milieu naturel où se sont développés les sols de la séquence choisie comme représentative.

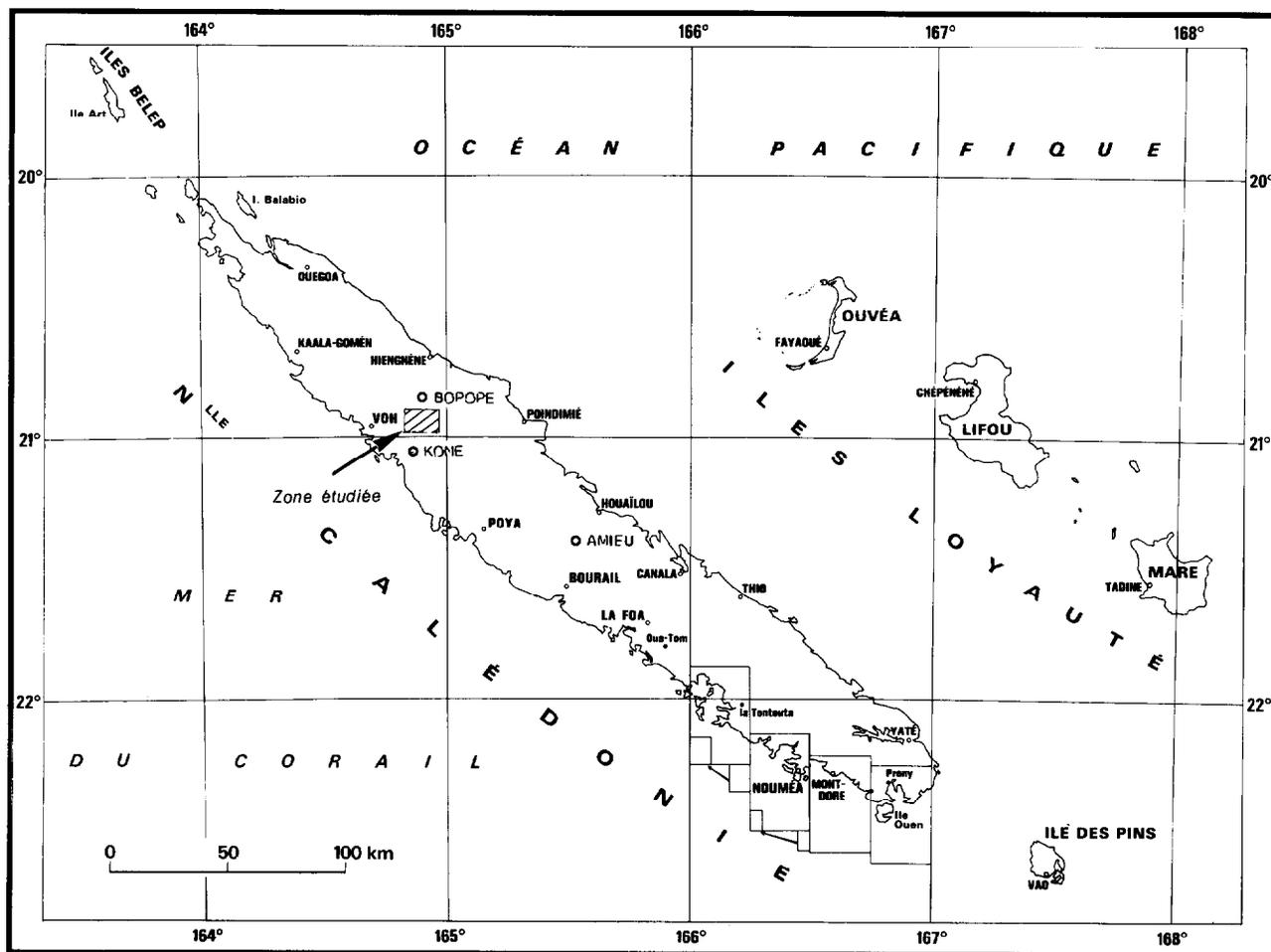
1.1. Le climat

On distingue classiquement une grande saison des pluies, de fin décembre à début avril ; une petite saison sèche en mai-juin, assez mal marquée, au cours de laquelle l'air reste humide ; une petite saison des pluies en juillet-août, et enfin de septembre à décembre une grande saison sèche.

Les relevés du poste pluviométrique de Bobope, situé sur le début du versant est de la Chaîne, ainsi que ceux de la station de Kone située dans la plaine de la côte ouest, sont résumés dans le tableau I.

Son examen met en évidence les différences de précipitations dans la Chaîne Centrale par rapport aux zones peu vallonnées situées en piedmont ; les hauteurs de pluie mesurées annuellement y sont en effet beaucoup plus élevées. Cette prédominance est vérifiée aussi bien en saison pluvieuse (janvier à avril) que durant la saison sèche (septembre à décembre).

En ce qui concerne les températures, aucun relevé n'a été effectué au poste de Bobope ; mais ont été prises en considération les valeurs enregistrées au col d'Amieu situé plus au sud, à une altitude voisine (425 mètres). Le tableau II permet de comparer les températures maxi-



○ Postes pluviométriques

FIG. 1. — Localisation de la zone d'étude

TABLEAU I
Relevés pluviométriques mensuels des postes de Bopope et de Koné

Postes	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
* Bopope	1974	429	981	368	151	123	245	59	5	32	216	216	31	2856
	1977	8/12/76 à 10/02/77 342		10/2 à 09/3 913		9/3/77 à 6/7/77 225			6/7/77 à 22/12/77 449					1929
	1978	22/12/77 au 11/05/78 1080				11/05 au 28/06 112			6/7/77 à 22/12/77 598					1790
	1980	11/12/79 au 17/4/80 1075				17/4 au 7/7 458			7/7 au 18/9 148		18/9 au 27/12 343			2024
Koné moyenne sur 35 ans		185	163	175	108	70	90	64	57	56	48	82	93	1195

* Avec certaines réserves

TABLEAU II
Températures moyennes mensuelles

	Mois	Jan	Fév	Mars	Av.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne
		Col d'Amieu	Max	26,4	27,9	27,3	26,0	23,1	22,5	20,9	21,7	22,9	24,0	25,6
Moy	21,8		23,7	23,1	20,4	18,5	17,6	15,3	15,8	16,5	19,2	19,5	21,7	19,4
Min	17,2		19,6	19,0	14,9	13,9	12,8	9,5	9,9	10,1	14,4	13,3	16,1	14,2
Kone	Max	30,6	32,3	30,9	30,1	27,4	26,0	25,0	24,9	26,8	27,6	30,2	31,3	28,6
	Moy	26,4	27,8	26,0	24,1	22,5	10,9	19,6	19,8	22,2	23,8	24,5	25,8	23,6
	Min	20,3	23,3	22,0	18,8	17,3	16,1	13,1	12,5	14,3	18,0	17,9	20,4	17,8

males, moyennes et minimales de ce poste avec celles de la station de Kone.

On constate :

— une diminution de la température moyenne annuelle de 4,2°C lorsqu'on passe de la plaine côtière à la Chaîne Centrale ;

— des variations du même ordre de grandeur par rapport à la moyenne mensuelle, dans les 2 postes météorologiques. Elles sont de $\pm 4^\circ\text{C}$.

— des différences entre les maxima et les minima de chaque mois de l'ordre de 10°C ; elles atteignent 12°C en juillet qui est le mois le plus frais (12°C à Kone, 11°C dans la chaîne) mais ne dépassent jamais 10°C pour le mois le plus chaud qui est février (9°C à Kone, 8°C au col d'Amieu).

1.2. Topographie et Géologie

Les observations effectuées tant sur les différents documents cartographiques que sur le terrain permettent de constater que la zone étudiée a un aspect très disséqué avec un réseau dense de thalwegs étroits et profonds ; les pentes sont généralement fortes, de 40 à 60 % dans la majeure partie des cas. Le terme de « plateau » attribué à ce paysage signifie seulement que les lignes de crêtes et les sommets de collines, souvent très étroits, se situent à des altitudes relativement voisines, variant de 350 à 430 mètres.

Les traces d'érosion, d'origine essentiellement climatique, s'observent de part et d'autre des lignes de crêtes sur des pentes très fortes. Ce sont des petites marches d'escalier pouvant faire place à des ravines plus ou moins profondes. Lorsque les pentes s'adoucisent la végétation herbacée devient plus dense et l'érosion moins active.

Du point de vue géologique, le substratum est formé de schistes dont l'altération n'est jamais très profonde. Ils se rattachent au faciès « schistes verts » caractérisés par une texture massive, à schistosité peu marquée ;

le microscope révèle une structure rubanée due à l'alternance de lits de quartz et d'albite (CARROUE, 1972 ; PARIS, 1981).

1.3. Végétation et Action de l'homme

La présence de lambeaux de forêt sur certains sommets composés de roches similaires amène à penser que la végétation actuelle ne serait pas la végétation originelle.

Si l'on observe la composition floristique de la végétation le long de la pente où la séquence de sols est décrite, on observe deux ensembles. Sur la moitié supérieure du versant s'est mis en place un maquis de terrains acides à Niaoulis (*Melaleuca cylindrica*) de petite taille (3 à 4 mètres) ; la strate herbacée est formée de *Codia discolor*, *Beckea ericoides*, de *Dicranopteris linearis* et de Cyperacées. Par contre sur la partie inférieure de la pente s'est mise en place une savane à gros Niaoulis qu'accompagne une strate herbacée dense à *Heteropogon contortus*, à *Lantana* sp. et à *Pteridium esculentum*.

Dans cette zone du plateau de Tango, sur environ 3000 hectares, se poursuit la plantation de *Pinus caribea* qui a débuté en 1975. Pour ce faire, on supprime la végétation arborée existante en utilisant l'action d'hormones qui entraînent le dessèchement et la chute des Niaoulis au bout de 2 ans environ ; en même temps on met en place les jeunes pins.

2. LES SOLS

Le choix de cette séquence de sols a été motivé, d'une part du fait de sa situation topographique représentative d'un ensemble de versants similaires couvrant une surface importante, d'autre part parce qu'elle fait partie d'un périmètre dont la mise en valeur par

le reboisement demande une connaissance approfondie des sols.

Cette séquence est assez bien représentée par trois profils. La position topographique respective de TGO 1, TGO 2 et TGO 3 est schématisée sur la figure 2. Le premier sol se situe au tiers supérieur du versant sur une pente de 40 % ; le second profil est décrit à mi-pente sur un épaulement dont la pente est de 60 % ; enfin le troisième sol est en bas de pente, à une dizaine de mètres avant le fond du thalweg.

2.1. Caractéristiques morphologiques

Les profils sont décrits en annexe 1. La terminologie utilisée est celle du glossaire mis au point par la CPCS (1971) ; les dénominations des différents horizons sont celles de la classification française des sols (CPCS 1967) ; la texture a été établie à l'aide du triangle de l'U.S.D.A.

2.2. Caractéristiques physico-chimiques

Les tableaux III et IV donnent les principales caractéristiques physico-chimiques des trois sols. Les méthodes d'analyse utilisées pour leur détermination sont présentées en annexe 2.

2.3. Caractéristiques minéralogiques

Les déterminations minéralogiques concernant les minéraux argileux et les sesquioxydes ont été réalisées sur le sol total tamisé à 2 mm ainsi que sur la fraction fine (diamètre inférieur à 2 μ). Le but de ces analyses était de pouvoir mettre en évidence une différence éventuelle entre les deux fractions et donc l'existence de produits cristallisés dans la fraction limoneuse, qui est importante dans ces sols, ainsi que dans les sables.

Le tableau V résume les résultats obtenus pour deux horizons de chacun des 3 sols.

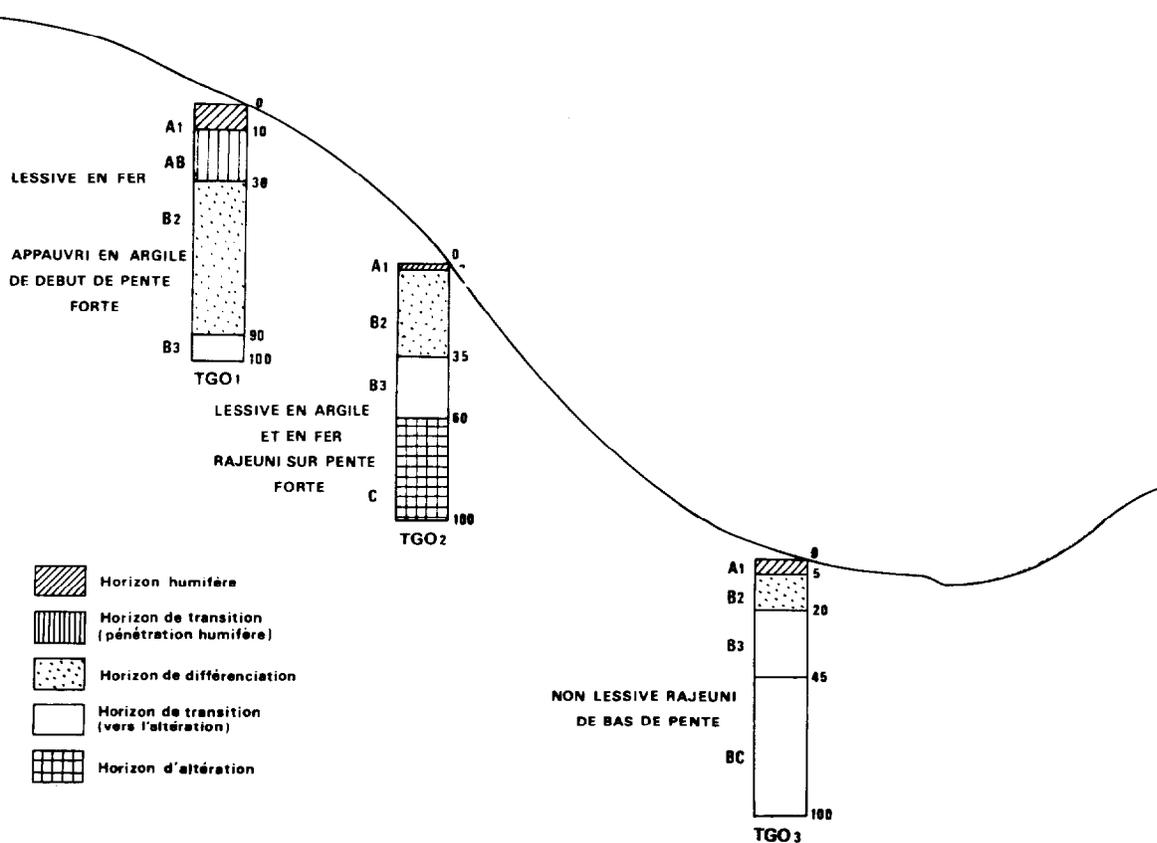


FIG. 2. — Situation des profils étudiés sur le versant (Tango)

TABLEAU III
Résultats des analyses physiques et chimiques (matière organique, complexe échangeable)

Paramètres	Profils												
	TGO 1				TGO 2				TGO 3				
Numéro de l'échantillon	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	
Horizon	A1	AB	B2	B3	A1	B2	B3	C	A1	B2	B3	BC	
Profondeur en cm	0 8/11	15/25	50/60	100/110	0/2	10/20	45/55	65/75	0/5	10/20	25/35	65/75	
Granulométrie %													
Argile	23.0	44.0	49.5	32.0	37.0	52.0	32.0	16.0	40.0	40.0	23.5	13.0	
Limon fin	15.5	21.0	32.0	44.0	22.5	35.0	54.0	57.5	31.5	33.5	47.0	50.0	
Limon grossier	12.0	10.5	5.5	14.5	13.5	6.5	5.5	10.5	12.0	11.0	13.5	15.0	
Sable fin	13.5	11.0	6.0	7.0	11.5	4.5	3.5	9.5	8.5	8.0	11.0	13.0	
Sable grossier	31.5	14.0	9.0	5.5	8.0	3.5	5.0	8.5	5.5	6.5	6.5	10.0	
Eléments grossiers													
Eau du sol													
pF 2.5	29.3	35.5	43.8	44.1	44.4	46.9	47.3	48.2	46.4	40.40	44.2	50.8	
pF 3.0	25.2	31.6	39.7	39.5	37.6	41.3	41.6	38.6	38.0	35.5	37.3	39.8	
pF 4.2	13.3	22.1	28.2	16.4	20.1	28.1	18.0	9.3	20.9	22.6	9.9	13.1	
Matière Organique													
C %	30.5	6.4	3.0		45.8	7.2			28.4	10.4	1.9		
N %	1.3	0.55	0.50		1.9	0.46			1.4	0.66	0.20		
C/N	23.5	11.6	6.0		24.1	15.6			20.3	15.7	9.5		
M.O %	5.3	1.1	0.5		7.9	1.3			4.9	1.8	0.3		
PH H ₂ O	5.0	5.2	5.3	5.1	4.9	4.9	5.0	4.9	5.0	5.2	5.3	5.3	
PH KCl	3.7	3.8	3.8	3.5	3.6	3.6	3.5	3.3	3.6	3.7	3.9	4.1	
Complexe d'échange mé 100 g.													
Ca ⁺⁺	0.63	0.02	0.05	0.05	0.32	0.08	0.02	0.02	0.12	0.05	0.05	0.02	
Mg ⁺⁺	0.57	0.21	0.27	0.21	0.73	0.26	0.03	0.00	0.63	0.40	0.17	0.09	
K ⁺	0.21	0.10	0.06	0.03	0.26	0.13	0.02	0.02	0.022	0.10	0.03	0.03	
Na ⁺	0.04	0.02	0.02	0.01	0.07	0.03	0.00	0.00	0.10	0.03	0.02	0.01	
§ Somme des bases	1.45	0.35	0.40	0.30	1.38	0.50	0.07	0.05	1.07	0.58	0.27	0.15	
T.Capacité d'échange	9.3	13.0	11.8	19.6	25.1	18.4	24.2	22.9	22.1	14.1	10.0	7.4	
V(S/T) Taux de saturation	15.6	2.7	3.4	1.5	5.5	2.7	0.3	0.2	4.8	4.1	2.7	2.0	
A ₁ ⁺⁺⁺	4.1	6.2	12.3			12.6	15.6						

TABLEAU IV
Résultats des analyses chimiques (phosphore et éléments totaux)

Paramètres Profils	TGO 1				TGO 2				TGO 3			
Numéro de l'échantillon	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34
HORIZON	A1	AB	B2	B3	A1	B2	B3	C	A1	B2	B3	BC
Profondeur en cm	0-8/11	15/25	50/60	100/110	0/2	10/20	45/55	65/75	0/5	10/20	20/35	65/75
Phosphore total P_2O_5 t.	0.27	0.30	0.55		0.35	0.53			0.80	0.66	07.3	
ELEMENTS TOTAUX %												
Perte au feu	9.5	7.9	9.8	7.8	14.0	11.8	11.6	8.4	12.8	10.4	9.4	10.2
Résidu	63.3	42.4	20.1	28.8	42.5	21.4	8.9	26.0	32.3	30.8	29.10	20.2
SiO_2	14.3	23.3	32.6	31.2	20.5	30.7	37.0	32.20	24.9	26.5	28.3	30.3
Al_2O_3	7.8	14.8	22.2	20.1	13.1	20.7	23.2	18.1	16.3	17.5	18.4	21.5
Fe_2O_3	3.0	6.4	10.0	6.4	6.8	11.0	12.2	8.2	8.6	9.3	9.6	11.0
MnO_2	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.06	0.05	0.04	0.1	0.06	0.06	0.08
TiO_2												
CaO	0.02								0.004			
MgO	0.25	0.42	0.61	0.50	0.39	0.57	0.81	0.82	0.46	0.47	0.46	0.45
K_2O	0.42	0.81	1.15	0.82	0.18	0.18	1.0	2.05	0.42	0.60	0.54	0.58
Na_2O	0.07	0.08	0.06	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.05	0.02	0.02
SiO_2/Al_2O_3	3.11	2.67	2.49	2.69	2.65	2.51	2.70	3.01	2.59	2.57	2.61	2.39
NiO_2	0.003	0.004	0.005	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.005	0.004	0.005	0.005
Cr_2O_3	0.004	0.003	0.003	0.001								
CoO	0	0.001	0.001	0.001								
Fer libre	2.75	5.50	87.5	5.05	5.35	9.25	10.50	7.25	8.50	8.00	8.50	10.05

TABLEAU V
Résultats des analyses minéralogiques

N° Echantillon	Profondeur en cm	Fraction totale	Fraction < 2 μ
TGO 12 AB	15/25	Kaolinite désordonnée vermiculite un peu d'hématite quartz.	Kaolinite désordonnée interstratifié illite-vermiculite un peu de vermiculite un peu de goethite un peu d'hématite.
TGO 13 B3	100/120	Kaolinite désordonnée vermiculite probablement un peu d'interstratifié illite- vermiculite un peu d'hématite quartz.	Kaolinite désordonnée illite ouverte un peu de goethite un peu d'hématite.
TGO 22 B2	10/20	Vermiculite interstratifié avec clorite kaolinite désordonnée un peu de gibbsite un peu d'hématite traces de goethite quartz.	Kaolinite désordonnée interstratifié illite-vermiculite avec probablement un peu de clorite goethite assez importante un peu d'hématite traces possible de gibbsite.
TGO 24 C	65/75	Interstratifié illite-vermiculite kaolinite désordonnée un peu d'hématite quartz.	Illite kaolinite désordonnée goethite assez importante un peu d'hématite.
TGO 32 B2	10/20	Interstratifié clorite-vermiculite un peu d'interstratifié clorite-illite kaolinite désordonnée un peu d'hématite quartz.	Kaolinite désordonnée interstratifié clorite-vermiculite interstratifié clorite-illite goethite assez importante un peu d'hématite.
TGO 34 BC	65/75	Kaolinite désordonnée un peu d'interstratifié illite-vermiculite un peu d'hématite un peu de goethite traces possible de gibbsite quartz.	Kaolinite désordonnée un peu d'illite goethite assez importante traces d'hématite

3. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Elle porte sur les trois groupes de caractéristiques présentées dans le chapitre précédent. Pour faciliter la compréhension du texte, nous reprendrons le même ordre de présentation dans ce chapitre-ci.

3.1. Aspects morphologiques

Deux points principaux permettent de mettre en évidence des différences existant entre les profils selon leur position sur le versant de colline. Il s'agit de la succession et de l'épaisseur des horizons d'une part, de leur couleur d'autre part.

a) Si l'on se réfère aux définitions des horizons majeurs de la classification CPCS (1967) et à leur identification, ainsi qu'à leur épaisseur, la fig.3 montre que :

— le profil TGO 1 est plus développé que les deux autres. De plus dans le profil TGO 3 on note la présence d'un horizon de transition BC alors que l'on passe directement à la roche peu altérée en place (C) dans le profil de mi-pente.

— l'épaisseur de l'horizon organique A1, qui est de 10 cm en haut de la pente, passe par un minimum de 2 cm à mi-pente, pour remonter à 5 cm en bas de pente.

Ceci peut s'expliquer par le fait que, l'action érosive étant moins active pour les sols situés en haut de pente, l'approfondissement du profil et la formation d'un horizon organique bien structuré sont possibles. Au contraire, à mi-versant avec une pente forte, les éléments des horizons de surface sont facilement entraînés sous l'action du ruissellement surtout si la strate herbacée couvre mal le sol. L'augmentation de l'épaisseur de l'horizon A1 dans le profil de bas de pente et son évolution plus poussée peuvent s'expliquer par une action érosive plus faible du fait de sa situation dans le paysage et par un apport colluvial des horizons superficiels des sols situés sur pentes fortes.

Les profils TGO 2 et 3 sont caractérisés par un horizon B3 qui débute à faible profondeur (35 et 20 cm respectivement) et qui repose sur un horizon d'altération relativement proche de la surface (60 et 45 cm) ; on peut donc considérer que ces sols ont subi et

subissent encore un processus de rajeunissement ; ce qui n'est pas le cas du profil du haut de la pente, l'horizon d'altération n'ayant pas été atteint à 1 mètre de profondeur.

b) Quant aux couleurs, déterminées au Code Munsell (cf. tableau VI), on constate :

— que celles de l'horizon organique A1 varient selon l'épaisseur de ces horizons. Ceci pourrait indiquer que

la nature des constituants est différente d'un profil à l'autre et qu'ils « colorent » plus ou moins les argiles.

— que l'horizon de diagnostic B2 est moins rouge (7,5 YR) dans le profil TGO 3 que dans celui des deux autres sols. Ceci peut s'expliquer notamment par une teneur en matière organique plus élevée (1,8 % contre 1,3 et 0,5 %).

TABLEAU VI
Couleurs des différents horizons déterminées sur la terre humide (Code MUNSSELL)

Profil	A1	AB	B2	B3
TGO 1	10 YR 4/2	2,5 YR 5/8	2,5 YR 5/6	-
TGO 2	5 YR 5/4	-	2,5 YR 5/8	10 R 5/6
TGO 3	7,5 YR 5/4	-	7,5 YR 5/6	5 YR 5/6

3.2. Données physico-chimiques

L'examen des résultats des analyses physico-chimiques permet de caractériser ces sols par un certain nombre de critères regroupés sous trois rubriques :

a) La comparaison des pourcentages respectifs d'argile et de limons fins et de leur rapport (cf. tableau VII) dans les trois profils met en évidence la dominance de l'argile dans les horizons B2 de diagnostic ; les proportions s'inversent dans les horizons de transition (B3) pour laisser apparaître la prépondérance des limons sur

les argiles dans les horizons d'altération plus ou moins poussée (BC et C).

Comme un fort pourcentage de limons fins et un rapport limons fins/argile supérieur à 1 caractérisent généralement des sols dont les minéraux primaires altérables sont encore en proportion importante, les valeurs observées (44 à 54 % de limons fins et des rapports supérieurs à 1.5 dans les horizons B3) autorisent à considérer de tels sols comme ayant un caractère « pénervolué ». Cette conclusion est en relation avec la nature des minéraux argileux (cf.3.3).

TABLEAU VII
Comparaison des teneurs en argile et limons fins des différents horizons ainsi que de leur rapport

Profils	Horizons			
	B2	B3	BC	C
TGO 1	50*	32	-	-
	32**	44	-	-
	1.56*	0.73	-	-
TGO 2	52	32		16
	35	54		58
	1.48	0.59	-	0.28
TGO 3	40	24	13	-
	1.18	0.51	0.26	-

* argile ** limons fins (2 à 20 microns) . rapport argile / limons fins

b) Les teneurs en fer libre et total, comme le montre le tableau VIII, apparaissent aussi comme des caractéristiques importantes de ces sols. C'est ainsi que :

— les teneurs en fer libre sont comprises entre 5 et 10 % dans l'ensemble des profils ;

— les rapports fer libre/fer total ont des valeurs égales ou supérieures à 80 % ;

— un lessivage en fer est mis en évidence dans les deux profils sur pente forte (TGO 1 et 2). On constate, en effet, non seulement une augmentation des teneurs avec la profondeur (tout comme dans le profil de bas de pente) mais aussi une accumulation dans l'horizon B. L'indice de lessivage est plus bas en TGO 1 (1/2.1) que dans TGO 2 (1/1.4).

Il ne semble pas que le fer migre lié à l'argile car cette dernière, bien que ses teneurs croissent avec la profondeur, ne s'accumule pas préférentiellement dans un horizon (cf. tabl.III). L'examen des rapports fer

libre/argile et fer libre/(argile + limons fins) du tableau VIII confirme cette hypothèse ; en effet les valeurs du premier rapport augmentent de la surface jusque dans l'horizon de profondeur, spécialement dans les profils TGO 2 et TGO 3 ; celles du second rapport évoluent — quant à elles — parallèlement à celles de l'indice de lessivage en fer ; elles sont plus élevées dans le 3^e horizon des 2 premiers profils (B₂ pour TGO 1 et B₃ pour TGO 2) mais augmentent régulièrement avec la profondeur dans le 3^e (TGO 3).

Ces trois constatations vont de pair avec les couleurs observées notamment lorsque les composés organiques ne masquent pas la couleur réelle du sol. Il y a un phénomène de rubéfaction avec le passage d'un pourcentage important du fer sous forme « libre ». Ce processus de libération et les couleurs comprises entre 2.5 YR et 10 R sont confirmés par l'examen des analyses diffractométriques (cf.3.3).

TABLEAU VIII
Teneurs en fer libre et en fer total

N° échantillon	Fer libre %	Fer total %	Fer libre / Fer total %	Fer libre / argile	Fer libre / argile+limons fins	Profondeur en cm	Horizon
TGO 11	2.75	3.0	97.7	0.119	0.071	0/10	A1
12	5.50	6.4	85.9	0.125	0.085	15/25	AB
13	8.75	10.0	87.5	0.177	0.107	50/60	B2
14	5.05	6.4	78.9	0.158	0.067	100/110	B3
TGO 21	5.35	6.8	78.7	0.145	0.090	0/2	A1
22	9.25	11.0	84.1	0.178	0.106	10/20	B2
23	10.50	12.2	86.1	0.328	0.122	45/55	B3
24	7.25	8.2	88.4	0.453	0.099	65/75	C
TGO 31	8.50	8.6	98.8	0.213	0.119	0/5	A1
32	8.00	9.3	86.0	0.200	0.109	10/20	AB
33	8.50	9.6	88.5	0.362	0.121	25/35	B2
34	10.05	11.0	91.4	0.774	0.160	65/75	BC

c) Enfin, comme le montre le tableau IX, ces sols sont fortement désaturés, avec des rapports S/T égaux ou inférieurs à 5 %. Excepté en surface, les sommes de bases échangeables sont inférieures à 1 me %, et le calcium est souvent inférieur à 0.3 me %. Les sites non occupés par les cations échangeables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺) ne le sont pas tous par des ions H⁺ comme pourraient le laisser envisager les pH voisins ou supérieurs à 5.0 mais par des ions Al³⁺.

L'aluminium échangeable représente entre 45 et 90 % de la capacité d'échange ; les rapports Al³⁺/T sont donc très élevés de même que les teneurs du sol en cet élément.

3.3. Caractéristiques minéralogiques

Les résultats des analyses diffractométriques réalisées sur le sol total et sur la fraction inférieure à 2 μ (argile granulométrique) mettent en évidence les points suivants (cf. tableau V) :

Dans la fraction inférieure à 2 mm, on constate la présence permanente de minéraux argileux tels que la kaolinite désordonnée et la vermiculite. Cette dernière peut être bien individualisée ; mais elle peut aussi se présenter comme une composante de minéraux interstratifiés. Dans ce dernier cas, elle fait partie d'un interstratifié chlorite-vermiculite dans la partie supérieure

TABLEAU IX
Récapitulation des principaux paramètres chimiques caractéristiques de ces sols

N° Echantillons	Prof. en cm.	Al ³⁺ Ech. me/100 g.	pH eau	.BE me/100g.	T me/100g	$\frac{V}{SBE} \%$	Ca ^{**} me/100 g	$\frac{M''}{Al_2O_3} \%$	$\frac{m''}{Al_2O_3 + BE} \%$	$\frac{r''}{BE} \%$
TGO 11	0/10	4,1	5,0	1,5	9,3	16,0	0,6	44	73,2	273
12	15/25	6,2	5,2	0,4	13,0	3	0,05	47,7	93,9	1550
13	50/60	12,3	5,3	0,4	11,8	3,5	0,05	100	96,9	3075
TGO 22	10/20	12,6	4,9	1,4	25,1	6	0,3	50,2	90	900
23	45/55	15,6	5,0	0,5	18,4	3	0,1	84,8	96,9	3120

Ces trois rapports M, m et r ont été définis pour caractériser l'importance des ions Al³⁺ échangeables par rapport au complexe absorbant (bases échangeables ou capacité d'échange). (Mohr, 1960 ; Kamprath, 1967). Ils permettent de classer les sols comme aluminiques en hyperaluminiques et, par voie de conséquence, de prévoir les difficultés à surmonter au moment de la mise en valeur de ces sols (rétrogradation du phosphore, entre autres).

du profil (entre 10 et 30 cm) et illite-vermiculite lorsqu'on atteint les horizons de transition ou d'altération. Notons que le quartz est toujours présent ; ceci tient à la nature même de la roche.

Les sesquioxides de fer n'apparaissent qu'en faible proportion aux analyses diffractométriques ; ce sont de l'hématite et de la goëthite.

La mise en évidence de gibbsite dans l'horizon B2 du profil TGO2 s'explique par le milieu relativement humide et bien drainant (SÉGALEN, 1973).

Dans la fraction inférieure à 2 microns, on retrouve toujours la kaolinite désordonnée comme principal minéral argileux. Mais y sont également présents de l'illite et des interstratifiés avec de la vermiculite, localisés plus particulièrement dans les horizons supérieurs. Le quartz a disparu, ce qui indique que c'est la partie sableuse du sol total qui fournit ce minéral.

On peut donc en conclure que c'est dans la fraction fine que se retrouvent principalement les sesquioxides de fer (goëthite) et l'illite. Par contre, dans les deux fractions, sont présentes la kaolinite désordonnée et la vermiculite ; dans le cas du profil sur pente forte, l'aluminium a pu cristalliser sous forme de gibbsite. Remarquons que les plus faibles capacités d'échange mesurées dans le profil de bas de pente peuvent s'expliquer par la prédominance de kaolinite désordonnée et la plus faible proportion d'interstratifié illite-vermiculite qui a pu être identifiée.

3.4. Classification

Si l'on se réfère aux critères de la classification de la CPCS (1967) la seule classe dans laquelle on puisse intégrer de tels sols est celle des sols à sesquioxides.

En effet, elle est caractérisée par l'individualisation des oxydes de fer que lui confère une couleur très accusée (rouge, rouge-jaunâtre), n'intéressant le plus souvent que les horizons B ; mais aussi un rapport silice/alumine supérieur à 2 et la présence de quartz et de résidus micacés, ce qui les distingue des sols ferrallitiques.

Le fait que le sol soit vivement coloré en rouge (entre 5 YR et 10 R) et que le complexe argileux soit formé en partie de matériaux illitiques a pour conséquence de faire entrer les sols de la séquence dans la sous-classe des sols fersiallitiques.

Mais lorsque l'on met en parallèle les autres critères de différenciation de cette sous-classe et ceux permettant d'aller plus avant dans la classification (groupe ou sous-groupe), avec les caractéristiques observées dans les sols fersiallitiques de Tango, d'importantes différences apparaissent. En effet, dans les deux groupes de la classification CPCS, une trop grande importance est accordée à la réserve calcique, ce qui amène à considérer le pH neutre et un taux de saturation qui est toujours supérieur à 65 % comme des traits distinctifs primordiaux. L'utilisation de deux critères aussi différents que l'importance du calcium et le processus de lessivage ne semble pas très judicieux, les deux phénomènes n'apparaissant pas liés nécessairement dans tous les cas.

En Nouvelle-Calédonie, les sols ayant les caractères retenus par la classification CPCS et considérés comme fersiallitiques couvrent des surfaces importantes (DENIS, MERCKY 1982 ; LATHAM 1976 ; LATHAM, AUBERT, QUANTIN 1978). Aussi il est apparu justifié de proposer un certain nombre de modifications de façon à mettre en évidence les importantes variations morphologiques et physico-chimiques enregistrées. Il serait souhai-

table en premier lieu, de considérer les sols fersiallitiques comme une classe à part entière au même titre que les sols ferrallitiques. Les critères propres de cette nouvelle classe pourraient être mieux définis sans avoir à tenir compte des caractères bien particuliers des sols ferrugineux tropicaux pour lesquels le lessivage et l'appauvrissement semblent importants. Il faudrait tenir compte de la manière dont le fer s'individualise (séparation de l'argile).

Le critère de désaturation serait à conserver au niveau de la sous-classe. En effet, si les sols de la séquence étudiée sont désaturés, il existe d'autres sols fersiallitiques dont le taux de saturation dépasse 50 %, limite utilisée actuellement en Nouvelle-Calédonie pour les deux sous-classes. Notons cependant que les sols désaturés semblent actuellement les plus répandus.

Au niveau du groupe, le qualificatif « lessivé en argile et/ou en fer » est très important. Il peut être diagnostiqué par une accumulation préférentielle au sein de l'horizon B décelée grâce aux résultats d'analyses, par la présence de revêtements argileux ou organo-argileux lors de l'observation macroscopique, par la mise en évidence d'argilanes ou de ferranes grâce à la micro-morphologie. En se basant sur les critères exposés ci-dessus, le profil TGO 1 apparaît comme lessivé en fer mais non en argile (pas d'accumulation, pas de revêtements visibles) ; TGO 2 est lessivé en argile (revêtements en B) ; enfin TGO 3 ne présente aucune caractéristique de lessivage.

Enfin au niveau des sous-groupes, plusieurs caractères distinctifs peuvent être utilisés. Parmi eux, celui de « rajeuni par érosion » donnerait la possibilité de différencier les sols tronqués dans lesquels la roche en place ou les éléments du matériau originel apparaissent relativement proches de la surface.

D'un autre côté les résultats des analyses granulométriques et minéralogiques font apparaître la présence de minéraux primaires altérables (proportion élevée de limons fins). Le sol peut alors être qualifié de « pénévoué » : c'est le cas des profils TGO 2 et 3.

Enfin d'autres sous-groupes peuvent aussi exister pour mettre en relief l'augmentation du taux d'argile avec la profondeur sans qu'il y ait une accumulation décelable (appauvri) ou l'action d'une hydromorphie permanente ou temporaire (hydromorphe), ou encore la présence de sodium (sodique).

A la lumière de ces propositions, on est en mesure de modifier la classification actuelle de façon à classer la majorité des sols fersiallitiques avec un minimum de difficultés. De ce fait les trois sols de la séquence entreraient facilement dans le nouveau cadre ainsi défini. Ils sont tous désaturés ; TGO 1 est lessivé en fer et TGO 2 lessivé en argile ; enfin TGO 2 et 3 sont considérés comme rajeunis, terme auquel on peut accoler le terme pénévoué pour tenir compte du caractère d'évolution

du matériau composant ces sols. TGO 1 se place sans difficulté dans le sous-groupe pénévoué.

L'utilisation d'autres systèmes de classification peut, semble-t-il, permettre de pallier aux insuffisances de la classification CPCS. Le tableau X permet de comparer la légende FAO et le système mis au point par P. SÉGALEN et son équipe (1979). La première apparaît limitée et les possibilités de différenciation sont réduites : elle a le mérite d'être facilement utilisable. Le second fait ressortir un plus grand nombre de caractéristiques et considère le sol tel qu'il se présente au moment de l'observation sans que l'on soit contraint de faire des supputations quant à l'évolution passée ou future des sols ; on classe le sol observé et analysé comme une entité.

4. CONCLUSIONS

Cette approche des sols fersiallitiques par l'étude d'une séquence située dans la chaîne centrale de Nouvelle-Calédonie a permis de mettre en évidence leurs caractéristiques propres telles que couleur vive, individualisation de sesquioxydes de fer, minéraux argileux du type 2/1 (illite-vermiculite en particulier) associées à des kaolinites désordonnées en proportions importantes, un rapport fer libre/fer total supérieur à 80 %, enfin une proportion très importante d'aluminium échangeable. Mais aussi les variations rapides qu'on peut observer à l'échelle d'un versant de colline tant sur le plan morphologique (plus ou moins grande différenciation des horizons), physico-chimiques (entre autres, migrations d'argile et/ou de fer) que minéralogiques (présence de gibbsite, sur pentes fortes).

Ceci indique que l'évolution des sols fersiallitiques de la zone de Tango, si elle est liée à la nature de la roche-mère, dépend aussi nettement de leur situation géomorphologique. Il s'avère donc nécessaire de tenir compte de cette variabilité importante lors de la caractérisation et de la cartographie de ces sols.

Ces sols fersiallitiques sont fort différents de ceux qui ont servi de référence pour l'établissement de la classification de la CPCS (1967). En effet, ces dernières sont beaucoup trop liées au calcaire et donc font intervenir en priorité les notions de désaturation et d'acidité faible ou de neutralité. Les sols que nous rencontrons en Nouvelle-Calédonie, s'ils présentent aussi certaines caractéristiques liées au processus de lessivage, sont par contre très souvent désaturés ($S/T < 50\%$) et acides ($4,5 < pH < 5,5$) ; de plus les taux d'aluminium échangeable sont élevés (90 %) et les valeurs absolues fortes (5 à 15 me %) dans le secteur de Tango et peuvent l'être aussi dans les sols issus d'autres roches que des schistes.

Par contre il s'agit de sols largement répandus dans le Sud-Est des Etats-Unis, aux Antilles et en Amérique du Sud, et également en Indonésie et en Australie. Ils

TABLEAU X
Classification des sols de cette séquence dans trois systèmes différents

Classification	Classification CPCS	Classification utilisée en Nlle Calédonie	Légende FAO	SEGALEN et Al.
TGO 1	Sols à sesquioxides, fersiallitiques, sur schistes	Sol fersiallitique, désaturé, lessivé en fer, appauvri en argile et pénévolué, sur schistes, de pente.	Ferric Acrisol sur schistes de pente forte (> 30%)	<p>I <u>classe</u> : Ferbisalsols. <u>grande sous-classe</u> : Goethitique</p> <p>II <u>grand groupe</u> : normal, leptique, dystrique. <u>groupe</u> : orthique ou pénévolué. <u>sous-groupe</u> : modal, rouge ou appauvri. <u>famille</u> : Isaltérite réticulée sur schistes.</p> <p>III <u>genre</u> : acide, désaturé, hyperaluminique. <u>texture</u> : sablo-limoneux à argilo-limoneux ; volume d'eau utile moyen. <u>variété</u> : pédon assez épais.</p> <p>IV <u>phase</u> : à pente très forte ; drainage externe bon ; drainage interne lent. <u>variantes</u> : essais de reboisement puis plantation de Pinus carribea.</p>
TGO 2	Sols à sesquioxides, fersiallitiques, sur schistes	Sol fersiallitique, désaturé, lessivé en argile, rajeuni et pénévolué, sur schistes de pentes fortes	Ferralic Acrisols sur schistes de pentes fortes (> 30%)	<p>I <u>classe</u> : Ferbisalsols <u>grande sous-classe</u> : goethitique</p> <p>II <u>grand groupe</u> : normal, leptique, hyperdystrique. <u>groupe</u> : orthique ou pénévolué. <u>sous-groupe</u> : argilanique ou bulgique. <u>famille</u> : lithaltérique, silteux de schistes.</p> <p>III <u>genre</u> : acide, désaturé, hypéralumique. <u>texture</u> : argilo limono-sableux volume d'eau utile moyen. <u>variété</u> : pédon assez épais.</p> <p>IV <u>phase</u> : à pente abrupte ; drainage externe bon ; drainage interne lent. <u>variant</u> : plantation de Pinus carribea.</p>
TGO 3	Sols à sesquioxides, fersiallitiques, sur schistes.	Sol fertiallitique, désaturé, non lessivé, rajeuni et pénévolué, sur schistes de pentes	Ferric cambisols, sur schistes, de pentes moyennes (8 à 30%)	<p>I <u>classe</u> : Ferbisalsol <u>grande sous-classe</u> : goethitique</p> <p>II <u>grand groupe</u> : normal, leptique, hyperdystrique. <u>groupe</u> : orthique ou pénévolué <u>sous-groupe</u> : modal rouge <u>famille</u> : minéralo-altéron de schistes.</p>
TGO 3 (suite)				<p>III <u>genre</u> : acide, désaturé, hyperaluminique. <u>texture</u> : argilo-limoneux, volume d'eau utile moyen. <u>variété</u> : pédon assez épais</p> <p>IV <u>phase</u> : à pente très forte, drainage externe assez bon, drainage interne lent. <u>variants</u> : plantations de Pinus carribea.</p>

sont décrits aux USA sous le nom de Red Yellow Podzolic et dans la Soil Taxonomy ce sont des Ultisols (Hopludult, Polludult par exemple).

Il apparaît donc indispensable de procéder à une restructuration de la classification CPCS des sols fersialliques pour permettre de tenir compte de l'éventail important des sols rencontrés.

Un essai de mise en parallèle de la classification CPCS

avec d'autres systèmes de classification, notamment celui de P. SÉGALEN *et al.* (1979) fait apparaître que l'on peut aisément et complètement classer ce genre de sol en tenant compte de l'ensemble de ses caractéristiques propres.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 4 janvier 1988

BIBLIOGRAPHIE

- BOYER (J.), 1976. — L'aluminium échangeable : incidences agronomiques, évaluations et correction de sa toxicité dans les sols tropicaux. *Cah. ORSTOM. Sér. Pédol.* : Vol XIV, n° 4 : 259-269.
- CAILLERE (S.), HENIN (S.), 1963. — Minéralogie des argiles. 355 p. Masson et Cie.
- CARROUE (S.P.), 1972. — Notice explicative de la feuille de Pouembout. BRGM-Nouvelle Calédonie, 38 p.
- C.P.C.S., 1967. — Commission de pédologie et de cartographie des sols. Classification française des sols. Grignon 87 p. *multigr.*
- DENIS (B.), 1976. — Note concernant une séquence de sols observés sur le plateau de Tango. ORSTOM Nouméa. *multigr.* 12 p.
- DENIS (B.), MERCKY (P.), 1982. — Notice pédologique de la feuille Pouembout, avec cartes 1/50 000. rapport ORSTOM Nouméa, *multigr.*
- F.A.O., 1978. — Définition des unités de sols pour la carte des sols du monde. 73 p. *World Soil resources Report* n° 33. FAO. UNESCO.
- KAMPRATH (E.J.), 1967. — Soil acidity and response to liming. *Rech. Bull. 4. International Soil testing series.* N.C. State Univ. Agri. Exp. Sta. Raleigh. North Carolina.
- KAMPRATH (Eng.), 1979. — Soil acidity in well drained soils of the tropics as a constraint to food production. In « Priorities for alleviating soil — related constraints to food production in the tropics » — held at IRRI, Los Banos, Philippines. 4 au 8 juin 1979.
- LATHAM (M.), 1976. — Etude des sols du Nord Calédonien en vue de l'installation de parcelles d'expérimentation forestière. Rapport ORSTOM. Nouméa, *multigr.*
- LATHAM (M.), AUBERT (G.), QUANTIN (P.), 1978. — Etude des sols de la Nouvelle-Calédonie. *Notice Explicative* N° 78. ORSTOM Paris, 137 pp.
- MOHR (W.), 1960. — A influencia da acidez sobre a fertilidade dos solos. 1^{er} Congr. nacional de convervacao dos solos. Campinas. Brésil.
- MONIOD (F.), 1966. — Carte des précipitations annuelles en Nouvelle-Calédonie à 1 : 400 000. *Notice explicative* n°27, ORSTOM Paris, 11 p. + 1 carte.
- PARIS (J.P.), 1981. — Géologie de la Nouvelle-Calédonie. *Mémoire du BRGM*, n° 113.
- SEGALEN (P.), 1964. — Le fer dans les sols — *Init. et Doc. Tech.* n° 4 ORSTOM, Paris.
- SEGALEN (P.), 1973. — L'aluminium dans les sols — *Init. et Doc. Tech.* n° 22, ORSTOM Paris.
- SEGALEN (P.) *et al.*, 1979. — Projet de classification des sols. ORSTOM. Paris, 301 pp. *multigr.*
- TERCINIER (G.), 1962. — Les sols de la Nouvelle-Calédonie. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* n° 1, 57 p.

ANNEXE 1

Description des profils

TGO 1. 0-8/11 cm. Horizon A1 ; humide ; 10 YR 4/2, brun grisâtre foncé ; sans élément grossier ; matière organique non directement décelable ; texture sablo-argileuse à sablo-limoneuse ; structure fragmentaire nette, moyenne à fine ; volume des vides important ; porosité moyenne ; plastique ; peu collant ; très nombreuses racines fines, quelques moyennes et grosses ; transition distincte et ondulée.

8/11-30 cm. Horizon AB ; humide ; 2,5 YR 5/8, rouge ; matière organique non directement décelable ; taches sur agrégats 7,5 YR 6/4, brun léger ; sans élément grossier ; texture argilo limoneuse ; structure fragmentaire très nette, prismatique moyenne ; volume des vides assez important ; porosité moyenne ; plastique ; peu collant ; racines fines, quelques moyennes ; transition graduelle et régulière.

30-90 cm. Horizon B₂ ; humide ; 2,5 YR 5/6, rouge ; matière organique non directement décelable ; sans élément grossier : texture argilo-limoneuse à argileuse ; structure fragmentaire assez nette, polyédrique moyenne et grossière ; volume des vides faible ; porosité moyenne ; plastique ; collant ; quelques racines fines ; transition graduelle et régulière.

90 cm et +. Horizon B₃ ; humide ; tâche blanc-jaunâtre réticulées sur fond de couleur 2,5 YR 6/6, rouge violacé ; non organique ; sans élément grossier ; texture limono-argileuse ; structure massive à éclats émoussés ; pas de racines.

TGO.2 0/2 cm. Horizon A1 ; humide ; 5 YR 5/4 rouge ; sans élément grossier ; matière organique non directement décelable ; texture argilo-limoneuse à limono-argileuse ; structure fragmentaire nette, polyédrique fine ; volume des vides assez important ; porosité moyenne ; nombreuses racines fines et moyennes ; transition nette et régulière.

2-35 cm. Horizon B₂. Humide ; 2,5 YR 5/8 ; sans élément grossier ; matière organique non directement décelable ; texture argileuse à argilo-limoneuse ; structure fragmentaire assez nette, polyédrique grossière ; quelques revêtements argileux sur les faces des agrégats ; volume des vides assez important ; porosité moyenne ; nombreuses racines fines, quelques grosses et moyennes ; transition graduelle.

35-60 cm. Horizon B₃. Humide ; 10 R 5/6, rouge ; non organique ; sans élément grossier ; texture limono-argileuse ; structure fragmentaire nette, polyédrique grossière ; volume des vides faible ; peu poreux ; racines fines ; transition graduelle et régulière.

60 cm. Horizon C — Schistes altérés, peu quartzeux, rosâtres ; limoneux.

TGO.3. 0-5 cm. Horizon A1. Humide ; 7,5 YR 5/4 ; matière organique non directement décelable ; sans élément grossier ; texture argilo-limoneuse à limono-argileuse ; structure fragmentaire nette, polyédrique fine ; volume des vides important ; porosité moyenne ; plastique ; peu collant ; très nombreuses racines fines, quelques moyennes ; transition distincte et ondulée.

5-20 cm. Horizon B₂. Humide ; 7,54 YR 5/4, brun ; matière organique non directement décelable ; sans élément grossier ; taches 5 YR 5/8 rouge jaune, limites nettes, assez contrastées ; texture argilo-limoneuse à limono-argileuse ; structure fragmentaire nette, polyédrique moyenne et fine ; volume des vides assez important ; porosité moyenne ; plastique ; collant ; nombreuses racines fines et moyennes ; transition distincte et régulière.

20-45 cm. Horizon B₃. Humide ; 5 YR 5/6, rouge jaunâtre ; quelques éléments, graviers et petits cailloux, de roche altérée, schistes peu quartzeux ; texture limoneuse ; structure polyédrique grossière et moyenne ; volume des vides faible à nul ; très peu poreux ; plastique ; peu collant ; racines moyennes et fines ; transition graduelle et régulière.

45-100 cm. Horizon BC. Caractéristiques semblables à celles du B₂ ; mais nombreux éléments de roche, plus ou moins altérés ; schistes peu quartzeux.

ANNEXE 2

Méthodes d'analyse

Les méthodes d'analyse utilisées pour leur détermination sont les suivantes :

- **granulométrie** : Dispersion à l'hexamétophosphate de sodium et prélèvement à la pipette Robinson (argile et limons fins) ; lavage puis tamisage et pesée pour les autres fractions.
- **Humidité aux différents pF** : Succion à l'aide d'une plaque poreuse sous différentes pressions ; 16 kg/cm² pour le pF 4,2, 1 kg/cm² pour le pF 3,0, 0,320 kg/cm² pour le pF 2,5.
- **carbone total** : méthode WALKEY et BLACK
- **Azote total** : méthode KJELDAHL
- **pH** : à l'eau et au chlorure de potassium normal avec un pH mètre Tacussel équipé d'une électrode combinée (rapport sol/solution : 1/2, 5).
- **Bases échangeables** : extraction par percolation de 500 ml d'acétate d'ammonium N à pH7 sur 10 g de sol. Dosage des cations échangés par spectro photométrie de flamme.
- **Aluminium échangeable** : extraction au chlorure de potassium normal N dans le rapport 20 g de sol pour 200 ml de solution. Dosage par colorimétrie à l'ériochrome cyanine à l'aide de l'auto analyseur.
- **Capacité d'échange** : saturation au chlorure de calcium N à pH7. Extraction par le nitrate de potassium normal. Dosage de Ca à l'auto-analyseur.
- **Analyses totales** : extraction à l'acide nitro-perchlorique à chaud. Le résidu a été déterminé par pesée et la silice des silicates est obtenue par différence après le traitement du résidu précédent par une solution de soude à 2 % à chaud. Les éléments fer, aluminium, manganèse, calcium, magnésium, potassium, sodium sont dosés par spectroscopie d'absorption atomique. Le dosage du titane est obtenu par colorimétrie automatique à l'auto analyseur.
- **Fer libre** : extraction au dithionite de sodium en présence de tartrate et acetate de sodium. Colorimétrie avec le réactif Tri (pyridyl 1-2) 2, 4, 6, triazine 1, 3, 5. Dosage à l'auto analyseur.
- **Phosphore total** : déterminé sur l'extrait à l'acide nitrique concentré et chaud par formation de phosphomolybdate suivi d'une réduction par l'acide ascorbique ; dosage colorimétrique.

Les analyses ont été effectuées sur sol tamisé à 2 mm pour la granulométrie, le pH, le pF, les éléments échangeables. Le sol a été broyé à 0,2 mm pour les analyses suivantes : le carbone, l'azote, le phosphore total et les éléments totaux. Les résultats sont donnés par rapport au poids de terre séchée à 105°C.