LES SOLS D'UN MASSIF DE ROCHES ULTRABASIQUES DE LA COTE OUEST DE NOUVELLE CALEDONIE

LE BOULINDA

1ere Partie : Généralités- Répartition des sols dans le massif.
Les sols à accumulation humifère

2ème Partie : les sols à accumulation ferrugineux relative

M. LATHAM

Octobre 1974

12 DEC. 1974
O. R. S. T. O. M. Unique
Collection de Référence
n° 7238 B

RESUME

Les sols du Boulinda se répartissent dans le massif en fonction de l'altitude, de l'histoire géomorphologique Mioplioquaternaire et de variations topographiques locales.

Au dela de 1200 m, on observe des sols à accumulation humifère ou ranker à mor - ces accumulations qui peuvent être trés épaisses sont trés acides et semblent induire une rédistribution de fer dans l'horizon minéral sous jacent.

- Entre 1200 m et 650 à 250 m, on note des sols ferrallitiques à accumulation relative du fer. Ces sols que nous avons dénomé ferrallitiques ferritiques présentent des faciés trés influencés par l'histoire géomorphologique du massif (ramaniement, rajeunissement) et par l'altitude (désaturation, couleur, forme minéralogique des oxydes et hydroxydes de fer et état de leur cristallisation).

- Entre 650 à 250 m et 10 m, on observe des sols à recombinaison de la silice, du fer et du magnésium. Ces sols bruns eutrophes sur les pentes erodées du massif, deviennent des vertisols dans la plaine alluviale ancienne avec quelques taches de sols bruns magnésiques sur des croûtes de giobertite anciennes.

SUMMARY

The soil distribution of the Boulinda moutain depends mostly on the altitude, the mioplioquaternaire géomorphological history and on local topographycal variations.

- Beyond 1200 m humic accumulation soils or " anker a mor" can be observed. These accumulations often very thick, are very acid and seem to induce an iron redistribution on the mineral under layer.

- Betwen 1200 m and 650 to 250 m ferrallitic soils with iron relative accumulation can be found. These soils named "sols ferrallitiques ferritiques, shaws facies influenced bygeomorphological history (reworking, rejuvenation) and by the altitude (desaturation, iron oxydes and hydroxydes minéralogical forms and cristalisation degree)

- Between 650 to 250 m and 10 m, silicium, iron and magnesium rearengod soils occur. These soils "bruns eutrophes" on the steep slopes of the massive become "vertisols" in the old alluvial plain with some stains of "sols bruns magnésiques" on old giobertite crusts.

PLAN DE L'ETUDE

1 ere Partie : Généralités - répartition des sols dans le massif - les sols à accumulation humifère

AVANT PROPOS

INTRODUCTION

I - LE MILIEU
- Situation
- Climat
- Végétation
- Géologie-altération
- Géomorphologie

II - LA REPARTITION DES SOLS DANS LE MASSIF
- Répartition en fonction du climat altitudinal
- Répartition en fonction de l'histoire géomorphologique
- Répartition en fonction de la topographie

III - LES SOLS A ACCUMULATION HUMIFERE
- Description
- Caractéristiques physico-chimiques
- Evolution des litières
- Eléments de pédogénèse
- Classification
- Conclusion sur les sols à accumulation humifère

2e Partie : Les sols a accumulation ferrugineuse relative

IV - LES SOLS A ACCUMULATION FERRUGINEUSE RELATIVE
- Caractères généraux
- Variations en fonction des conditions géomorphologiques
- Discussion sur la pédogénèse
  - la matièregamique)
  - le complexe d'échange, le pH
  - le fer
- Classification
- Conclusion sur les sols à accumulation ferrugineuse relative

3e Partie : Les sols à recombinaison de la silice, du fer et du magnésium

V - LES SOLS A RECOMBINAISON DE LA SILICE, DU FER ET DU MAGNESIUM
- Caractères Généraux
  - les sols à profils rajeunis

../.

- les sols à profils évolués
- Répartition des sols dans le paysage
- Discussion sur la pédogénèse
  - la matière organique
  - la géochimie de la silice, du fer et du magnésium
  - l'évolution minéralogique
- Classification
- Conclusion sur les sols à recombinaison de la silice, du fer et du magnésium

- CONCLUSION GENERALE
- BIBLIOGRAPHIE

AVANT PROPOS

Cette note pédologique a été rédigée à la suite d'une étude écologique du massif du Boulinda réalisée par les sections de pédologie et de botanique du centre ORSTOM de Nouméa. D'autres notes ont été ou vont être consacrées aux problèmes géomorphologiques (M.LATHAM 1974) écologiques (T.JAFFRE, M.LATHAM 1974) et botaniques(T.JAFFRE 1973) qui interessent ce massif.

Pour des commodités de présentation cette étude est présentée dans les cahiers ORSTOM en trois articles :

- Le premier, après une présentation du milieu et une étude de la répartition des sols dans ce massif, traite des sols à accumulation humifère.

- Le deuxième est consacré au sols à accumulation ferrugineuse relative à leur mode de formation et à leur classification.

- Le troisième décrit les sols à recombinaison de la silice du fer et du magmésium et analyse leur caractéristiques principales et leur pédogénèse .

Les analyses chimiques ont été réalisées au Centre ORSTOM de Nouméa sous la direction de Mr. P. PETITJEAN puis de Mr. J.O.JOB. Les analyses d'humus et les caractérisations minéralogiques ont été exécutées aux laboratoires centraux de l'ORSTOM sous la Direction de Messieurs DABIN et PINTA.

INTRODUCTION

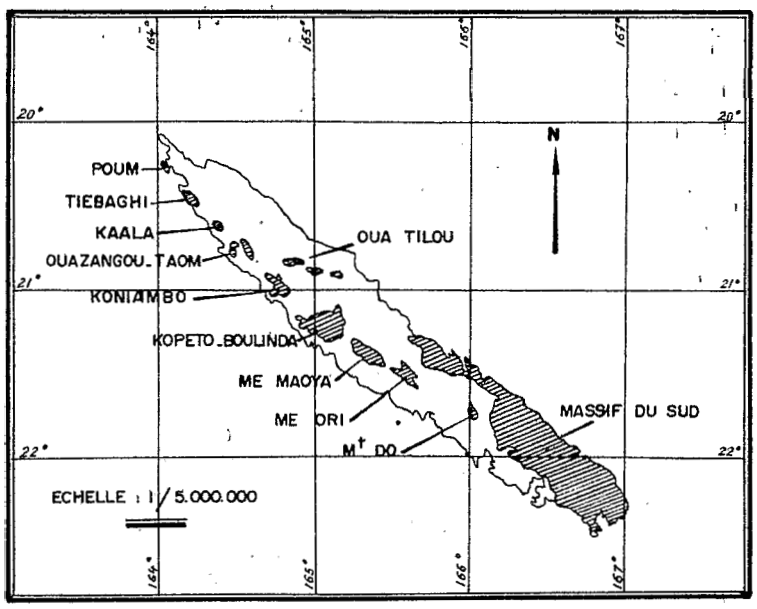
Les affleurements de roches ultrabasiques sont rarement étendus dans le monde et ils ont fait l'objet de peu d'études pédologiques. En Nouvelle-Calédonie, au contraire, ces roches couvrent le tiers du Territoire. Les pédologues de l'ORSTOM les ont toutefois peu étudiées jusque là, du fait de la relative infertilité des sols qui en dérivent G.TERCINIER (1962) leur a consacré quelques pages dans "les sols de Nouvelle Calédonie" . P. QUANTIN (1969-1973) s'est interessé à certaines de leurs propriétés édaphiques, géochimiques et minéralogiques. J.J.TRESCASES (1969-1973) les a observées dans le sud du Territoire en vue d'établir un bilan géochimique de l'altération.

Or, ces sols représentent un milieu exceptionnel au point de vue pédogénèse du fait de la composition chimique très particulière de leur roche mère. L'abondance de silice, de magnésium et de fer, et la très faible quantité d'aluminium dans celle-ci empèchent la formation d'argile de type 1-1. Ces sols évoluent donc soit vers l'individualisation des oxydes et hydroxydes de fer, par suite de l'élimination de la silice et du magnésium, soit vers une recombinaison de ces trois éléments avec formation de smectites ferrifères. En altitude, du fait de la présence d'un milieu édaphique défavorable à la vie biologique, on observe des accumulations humifères importantes.

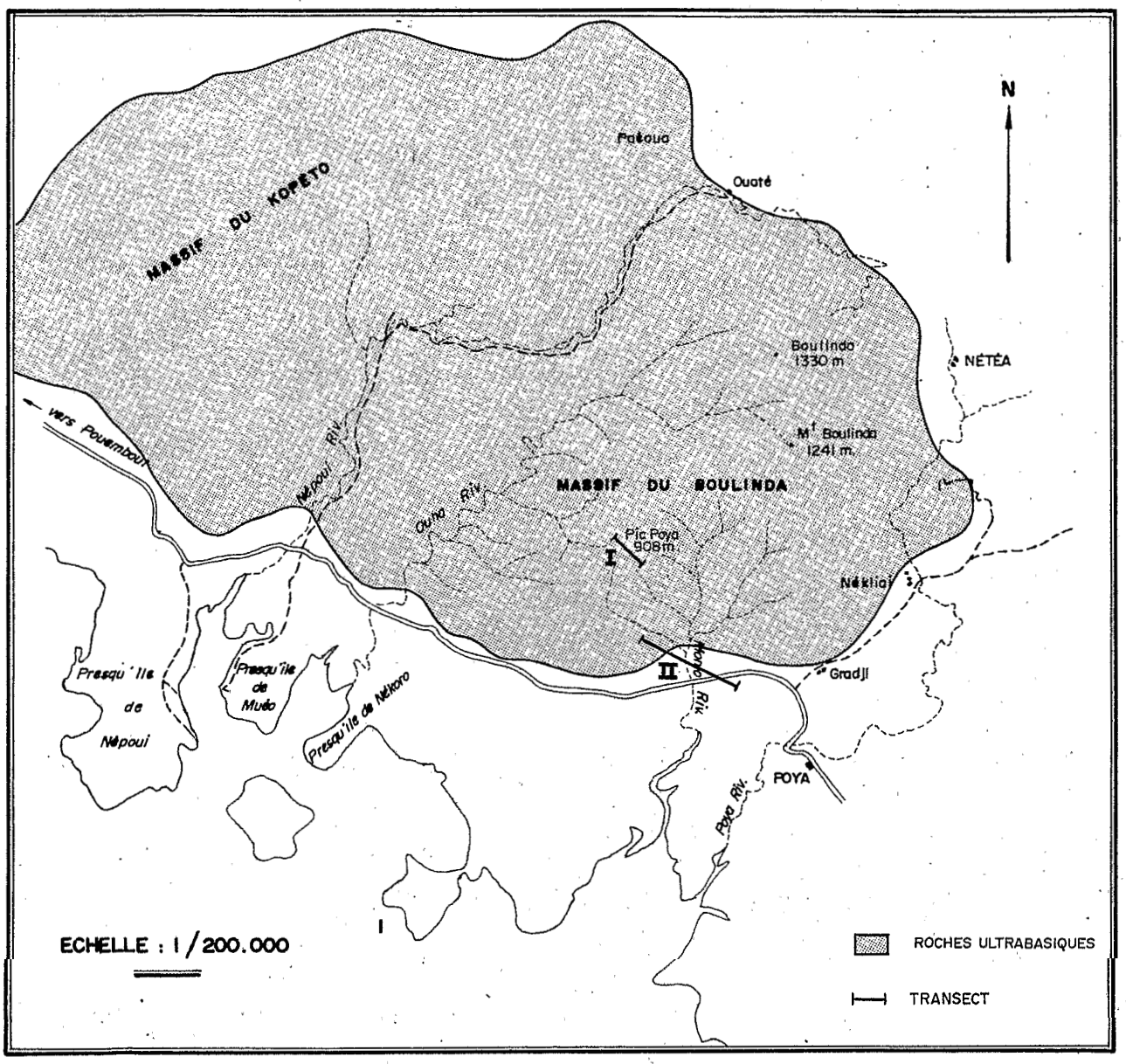
Le massif du Boulinda a été choisi dans un premier temps en raison de sa grande extension, de la variété des sols observés et de sa bonne représentativité parmi les massifs de la cote Ouest de la Nouvelle-Calédonie.

FIGURE N° 1

PLAN DE SITUATION



RÉPARTITION DES MASSIFS DE ROCHES ULTRABASIQUES
DE NOUVELLE CALÉDONIE



I - LE MILIEU

1.1. Situation

Le massif du Boulinda, situé au centre ouest de la Nouvelle-Calédonie (fig N°1), fait partie de l'ensemble ultrabasique Kopeto, Paéoua, Boulinda. Il est nettement séparé des deux autres massifs par la vallée de la Népoui.

1.2. Climat

Le climat en est relativement mal connu, les seules postes météorologiques se trouvant dans la plaine à Poya et à Muéo, dans la zone à climat contrasté "sous le vent".

La pluviométrie moyenne annuelle pour ces postes est d'environ 1250mm Elle varie beaucoup d'une année à l'autre en fonction du passage des dépressions cycloniques (616mm en 1966, 2803mm en 1967, 944mm en 1968). Elle se concentre en janvier, février et mars, les autres mois étant beaucoup moins pluvieux. Dans le massif, il pourrait tomber entre 1500 et 3000 mm, l'importance des précipitations croissant avec l'altitude.
Un couvert nuageux cache souvent les sommets.

Les températures moyennes mensuelles extrêmes sont de 26,6°c en février et 19,4°c en juillet, à Poya, au pied du massif. Il est possible que la température s'abaisse aux alentours de 0°c., sur les sommets en uillet.

Ce climat pourrait donc être qualifié de tropical cyclonique devenant plus frais et plus humide au fur et à mesure que l'on s'élève en altitude.

1.3. Végétation

La végétation de ce massif a fait l'objet d'une étude de T.JAFFRE (1973). Retenons que ce massif est actuellement couvert en majeure partie d'une végétation arbustive ou maquis minier, de flore trés originale, dont la plupart des espèces sont endémiques. Des formations forestières s'observent encore dans quelques talwegs, principalement au niveau des têtes de sources, sur certains versants protégés du vent et sur les sommets.

../.

1.4. Géologie, altération

1.41 Géologie

Ce massif a pour la première fois été étudié et cartographié par J.AVIAS et P.ROUTHIER (1962). En 1967, J.P. CARROUE et J.J.ESPIRAT ont repris en partie cette cartographie au 1/50.000.

Il comprend essentiellement une masse de péridotites reposant sur une semelle de serpentinites.

Les péridotites sont formées principalement de harzburgites, roches cristallines composées de pyroxène, d'olivine et de chromite. On trouve en outre des dunites, roches cristallines constituées presque uniquement d'olivine et d'un peu de chromite. Ces roches ont une composition chimique (Tableau I) assez voisine. Elles sont particulièrement riches en silice, magnésium et fer et pratiquement dépourvues d'aluminium, de calcium et de potassium.

	SiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	MgO	CoO	Na_2O	K_2O	TiO_2	Cr, Ni, Co	H_2O	
N° 1	41,1	–	1,7	5,55	44,3	0,20	0,09	–	0,10	0,6	4,7	98,7
N° 2	39,10	–	2,31	5,45	44	0,14	0,10	–	0,10	0,6	6,7	98,5

Tableau 1. Composition chimique des péridotites d'après J.H.GUILLON 1969
Echantillon n°1 Harzburgite commune (piste du Dzumac)
Echantillon n°2 Niveau Dunitique (Mt Kouvelé).

Des petites intrusions de roches feldspathiques riches en calcium et aluminium, d'extension trés limitées, apparaissent çà et là.

Les serpentinites forment la base de cet ensemble où elles auraient une centaine de mètres d'épaisseur (J.P.CARROUE, J.J. ESPIRAT 1967) on en observe également à l'intérieur du massif où elles sont liées vraisemblablement à des failles.

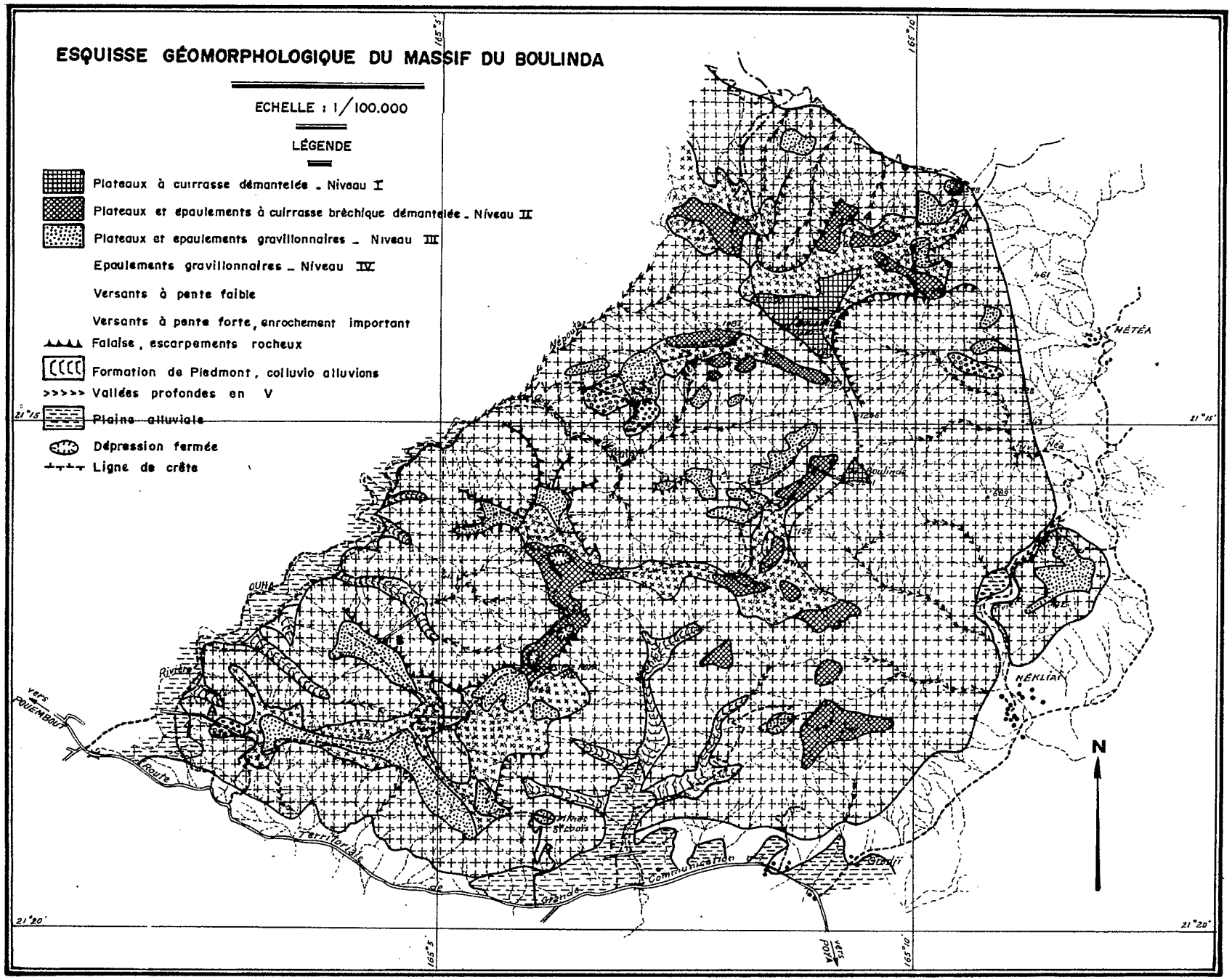
Ce massif est entouré de tufs basaltiques sur lesquels sont parfois conservés des placages d'alluvions dérivant du massif.

1.42 Altération

L'altération des péridotites en Nouvelle-Calédonie a fait l'objet de travaux de J.J.TRESCASES (1969 - 1973).

../.

FIGURE N° 2


ESQUISSE GÉOMORPHOLOGIQUE DU MASSIF DU BOULINDA
ECHELLE : 1/100.000
LÉGENDE
Plateaux à cuirrasse démantelée - Niveau I
Plateaux et épaulements à cuirrasse brèchique démantelée - Niveau II
Plateaux et épaulements gravillonnaires - Niveau III
Epaulements gravillonnaires - Niveau IV
Versants à pente faible
Versants à pente forte, enrochement important
Falaise, escarpements rocheux
Formation de Piedmont, colluvio alluvions
Vallées profondes en V
Plaine alluviale
Dépression fermée
Ligne de crête
165°5'
165°10'
21°15'
21°20'
N
MÉTÉA
NÉKLIAN
OUHA
Rivière
vers POUEMBOUT
Route
Territoriale
de
Grande
Communication
Boulinda
vers POYA

Elles comprend deux phases essentielles :

. Une élimination de la silice et du magnésium des profils bien drainés en altitude avec une concentration relative du fer.

. Une recombinaison de ces éléments au pied des massifs pour former des argiles 2 - 1 de type smectite. L'excès de silice peut recristalliser pour former du quartz de néoformation ou de la calcédoine. Un excès de magnésium pouvant précipiter sous forme de croûte de carbonate de magnésium ou giobertite.

J.J. TRESCASES précise que, sur pente forte, l'altération ferrallitique ne se ferait qu'en saison humide, la recombinaison de la silice et du magnésium se réalisant au contraire en période sèche.

1.5. Géomorphologie

Dans une note spéciale nous avons décrit la géomorphologie de ce massif (M.LATHAM 1974) qui peut se résumer ainsi :

Le massif du Boulinda se présente comme un ensemble ayant subi une série de pénéplanations dont il ne reste que des lambeaux. Il est disséqué par des vallées profondes aux versants abrupts. Il culmine à 1330 m ; les rivières en débouchent pratiquement au niveau de la mer.

Quatre surfaces d'érosion ont été distinguées (Fig. 2) :

- Le plateau du Boulinda entre 1150 et 1300 m où s'observent les résidus d'une cuirasse massive en voie de démantèlement.
- Un niveau étendu fortement disséqué, entre 1050 et 800 m caractérisé par une abondance de blocs de cuirasse bréchique plus ou moins démantelée dans les horizons supérieurs des sols. Ce niveau qui est le plus étendu est parsemé de dépressions fermées et de vallées sans exutoires.
- Un glacis, très disséqué par le réseau hydrographique, gravillonnaire, pauvre en éléments cuirassés. Ce glacis s'observe entre 700 et 350 m.
- Un glacis plus récent sur certaines épaulements de basse altitude (200 à 300 m). Ce niveau gravillonnaire ou sableux est pauvre en éléments cuirassés.

En outre, on trouve en bordure du massif une terrasse alluviale ancienne et une plaine alluviale récente.

L'histoire du Boulinda est complexe ; elle a profondément marqué les profils de sols observés actuellement : accumulations d'éléments grossiers et appauvrissement en éléments fins des horizons supérieurs, rajeunissement des sols de pente et remaniements des sols de plateau ou de faible pente.

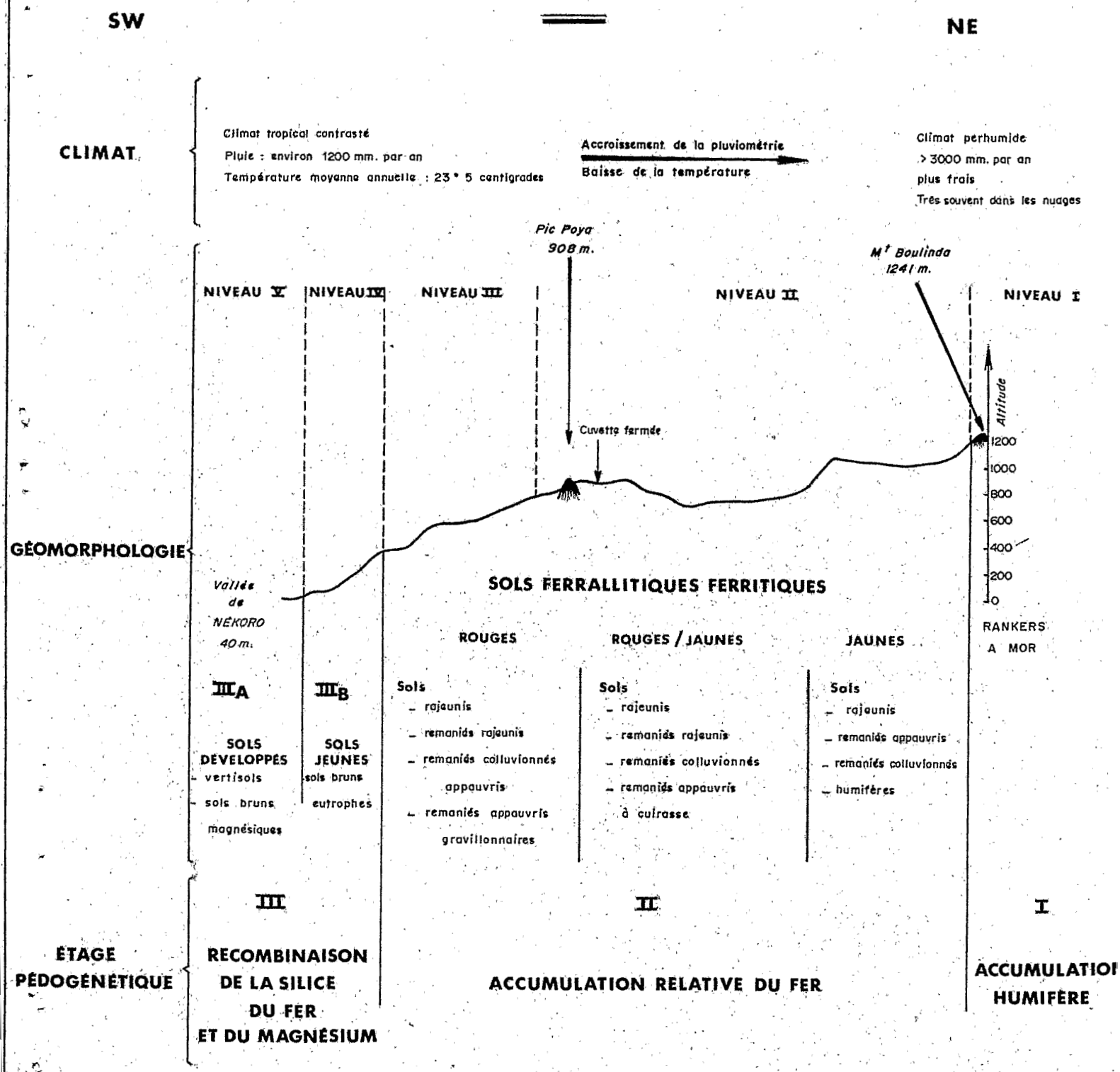
II - LA REPARTITION DES SOLS DANS LE MASSIF

La répartition des sols dans ce massif apparait liée à l'évolution du climat en fonction de l'altitude, à l'histoire géomorphologique et à des conditions topographiques locales.

FIGURE N° 3

RÉPARTITION DES SOLS DANS LE MASSIF EN FONCTION DU CLIMAT ET DE LA GÉOMORPHOLOGIE

(COUPE SW – NE)



2.1 - Répartition des sols en fonction du climat et de l'altitude

Les variations d'altitude sont trés importantes sur de faibles distances (1300m sur 10 km). Elles entrainent des variations de climat trés accentuées et une zonation altitudinale trés marquée au point de vue sol. Trois étages pédogénétiques se distinguent nettement (fig.n°3) :

-Un étage à accumulation humifère, sous-forêt à Bryophytes et Hyménophyllacées, au dessus de 1200 m

- Un étage à accumulation relative du fer et disparition des autres éléments, en particulier la silice et le magnésium, entre 1200 m et 250 à 600m suivant la position dans le massif.

- Un étage à recombinaison de la silice, du magnésium et du fer au-dessous de cette limite. Dans cet étage, l'excès de magnésium, apporté par lessivage oblique, à partir du massif, peut s'accumuler sous forme de carbonate de magnésium (giobertite) pour former de véritables croutes.

Cette division en trois étages servira de base au plan de notre étude. Il ne s'agit pas toutefois d'un phénomène discontinu. Des intermédiaires existent entre et à l'intérieur de ces étages.

2.2 - Répartition des sols en fonction de l'histoire géomorphologique

La répartition schématique des sols en fonction de celle du climat et de l'altitude souffre quelques exceptions. Elle peut être aussi subdivisée en fonction de l'histoire géomorphologique du massif.

Dans les parties basses où le climat est peu agressif, on note plus particulièrement l'influence géomorphologique.

Dans la plaine alluviale ancienne (étage à recombinaison de la silice, du fer et du magnésium), on observe quelques ilots de sols à accumulation relative du fer en position de butte témoin. Ces sols qui contiennent des blocs de cuirasse ferrugineuse et de meulière ont probablemement subi une évolution sur place.

La limite entre les sols à accumulation relative du fer et les sols à recombinaison de la silice du fer et du magnésium varie : son altitude augmente au fur et à mesure que l'on pénètre dans le massif et donc en même temps que l'accroissement de la pluviométrie, ce qui semble anormal. Elle correspond par contre assez bien à la limite de la dernière grande entaille du massif entre les épisodes IV et V.

Dans l'ensemble du massif, on observe en surface, des concentrations d'éléments grossiers, essentiellement ferrugineux et parfois siliceux Ces éléments dont la formation pour certains est trés ancienne, sont particulièrement résistants aux actions climatiques. Ils témoignent de pédogénèses anciennes. Nous avons ainsi pu définir (M.LATHAM 1974) quatre types de matériaux sur la pénéplaine en fonction des niveaux géomorphologiques auxquels ils appartiennent.

.../.

Dans les zones à climat peu agressif, l'histoire géomorphologique permet donc d'expliquer la présence de certains sols qui ne paraissent pas à leur place dans le contexte climatique actuel. Elle permet aussi de comprendre et de séparer dans l'ensemble du massif les accumulations de matériaux grossiers ferrugineux et siliceux peu sensibles à la dégradation.

2.3. Répartition en fonction des formes du relief et de la situation topographique

Les formes du relief, dans ce paysage trés accidenté, sont un élément principal de différenciation des sols. L'érosion a agi et continu à agir sur les pentes provoquant la formation de sols érodés sur forte pente, et de sols colluvionnés en position de bas de pente ; alors que l'on observe des sols profonds sur les plateaux. Ces variations seront étudiées plus en détail sur deux toposéquences aux paragraphes 4-2 et 5-2.

La répartition des sols dans cette zone apparait donc bien liée dans ses grandes lignes, à des variations de l'altitude et du climat. L'histoire géomorphologique complexe qui a modelé ce massif depuis le miocène permet toutefois d'expliquer certaines anomalies dans la distribution des sols et dans leur composition. Dans le détail toutefois, la morphologie des sols est trés influencée par leur position topographique.

III- 3.SOLS A ACCUMULATION HUMIFERE

Ces sols s'observent sur les sommets du massif à une altitude supérieure à 1200 m. Ils sont constitués par une accumulation de matière organique peu évoluée sur un substrat varié qui peut être soit un horizon d'altération, soit un profil ferrallitique plus ou moins complet pouvant contenir de trés nombreux blocs de cuirasse ferrugineuse. L'épaisseur de l'horizon organique est d'au moins 20 cm. Sur ces sols se développe une formation végétale particulière, "forêt oronéphéléphile" de R.VIROT (1953) ou forêt à Bryophytes, Hyménophyllacées et lichens de T.JAFFRE (1973)

3.1 Profil type BOUZ

- Sommet du Mt BOULINDA, altitude 1240 m
- Climat ; tropical humide ; zone trés pluvieuse et trés souvent dans les nuages
- Roches : péridotites ; dunite.
- Végétation : Forêt oronéphéléphile basse à Métrosideros sp. fougères très nombreuses mousses et lichens
- Nombreux affleurements rocheux
- Drainage rapide

0-50 cm - Trés humide - 10 R 3/2 - rouge sombre - à matière organique directement décelable - plus de 50 % - structure particulaire - trés
Aoo poreux - non plastique - nombreuses racines moyennes et fines
Transition distincte et régulière

50-70 cm - Trés humide - 5 YR 3/2 -(Brun rouge foncé) à matière organique non directement décelable - 20 % d'éléments grossiers - éléments

C	ferrugineux de forme nodulaire - quelques graviers siliceux en plaquette - argilo-limoneux - à sables de chromite et éléments ferrugineux - structure massive - tres poreux - plastique non collant - nombreuses racines fines et moyennes.
	Transition brêve et irrégulières
D	Roche en place (Dunite)

3.2. Caractères morphologiques

Le caractère morphologique principal de ce sol est la présence de cet horizon organique trés épais et non différencié. Cet horizon de couleur rouge sombre ne possède pas d'organisation structurale particulière. D'une densité apparente trés faible, il est la plupart du temps gorgé d'eau. Il peut se développer sur toute sorte de support : sol ferrallitique, altération roche peu altérée. On note même des accumulations de matière organique sur certains troncs d'arbres. La limite entre l'horizon organique et le support minéral est toujours nette.

3.3. Caractéristiques chimiques

3.31-Caractères Généraux

Le tableau (2) indique la composition essentiellement organique de l'horizon Aoo ; cette matière organique a un rapport C/N élevé (supérieur à 20).

De réaction trés acide(pH/pâte souvent inférieur à 3). Cet horizon à un taux de saturation en base trés faible. Cette matière organique a une capacité d'échange comprise entre 100 et 150mé / 100g de sol. Parmi les éléments échangeables le magnésium domine mais Ca^{++}, K^{+} et Na^{+} peuvent se trouver à des teneurs bien supérieures à celles notées dans l'horizon C.

L'horizon C est lui aussi trés acide. Il l'est toutefois moins que l'horizon Aoo. Sa richesse en éléments minéraux et sa composition sont tres variables.

Toutefois, lorsque l'individualisation du fer est assez poussée, on note une forte proposition d'hydroxyde de fer facilement extractible à H 1 8 N, l'étude desproduits ferrugineux sera envisagée de façon plus détaillée au chapitre 4. (méthode P.SEGALEN 1968). Ceci est vrai aussi dans les horizons riches en graviers et blocs de cuirassesferrugineuse (fig 4 tableau 3). On peut se demander si à cet étage, il ne se produit pas de redissolution des produits ferrugineux sous l'effet de solutions acides riches en acides fulviques faiblement polymerisés (cf par 3,32) (SNITZER 1969 KONONOVA NP.BELCHIKOVA 1970).

Ces migrations de fer apparaissent d'autant plus vraisemblable que l'on observe dans les horizons gravillonnaires quelques éléments tubulaires liés vraisemblablement à une cristallisation du fer autour des racines.

Substrat	Roche altérée			Roche peu altérée			Cuirasse démantellée		
N°échantillon	21	22	23	381	382	383	371	372	373
Profondeur en cm	0-10	40-50	60-70	0-10	80-100	100-120	0-10	10-20	50-60
Horizon	Aoo	Aoo	C	Aoo	Aoo	C	Aoo	A_1	(B)
Mat.organique									
Carbone	47.5	38.2	2.2	46.9	11.6	2.45	45.3	1.38	0.22
% Azote	1.8	1.4	0.9	1.9	0.5	0.07	2.76	0.07	0.01
M.O	78.8	65.9	3.3	80.8	20.0	4.2	78.1	2.38	0.38
C/N	25.5	26.5	25.4	24.6	23.3	25.2	16.4	18.4	
p'H /pate	2.8	2.9	3.9	3.2	3.8	5.6	3.14	3.8	4.6
Elém.échangeables									
Ca^{++}	0,99	0,09	0.01	7.11	1.17	0.32	1.74	0.23	0.01
Mg^{++} en mé	16.0	15.0	1.31	25.8	46.5	19.6	7.81	0.35	0.01
K^{+}	1.41	1.64	0.04	0.80	0.57	0.11	1.52	0.02	0.01
Na^{++}	1.99	0.57	0.01	0.48	0.41	0.05	1.34	0.05	0.01
Capac. d'échange	150	147	10	153	148	27.2	108	7.24	1.2
Taux de saturation	13.6	11.8	12.5	22.4	32.9	73.9	11.5	9.0	3.2
Eléments Totaux									
Perte au feu			11.0			13.9		14.1	13.4
Résidu			44.9			10.0		1.00	0.77
$Si\ O_2$			6.17			22.1		1.20	1.40
$Al2\ O_3$			0.90			1.84		7.39	6.43
$Fe2\ O_3$			34.7			23.7		62.0	69.1
TiO_2 en %			0.04			0.01		0.01	0.01
% MnO_2			0.11			0.46		0.44	1.41
Ca O			0,04			0.01		0.01	0.01
Mg O			0,03			23.2		0.75	0.01
K2 O			0.01			0.01		0.01	0.01
Na_2O			0.01			0.01		0.04	0.01
Ni O			0.23			0.22		0.28	0.05
Cr_2O_3			1.5			3.2		12.3	5.8
Co O			0.03			0.06		0.10	0.15
P_2O_5			0.05			0.2		0.15	0.03

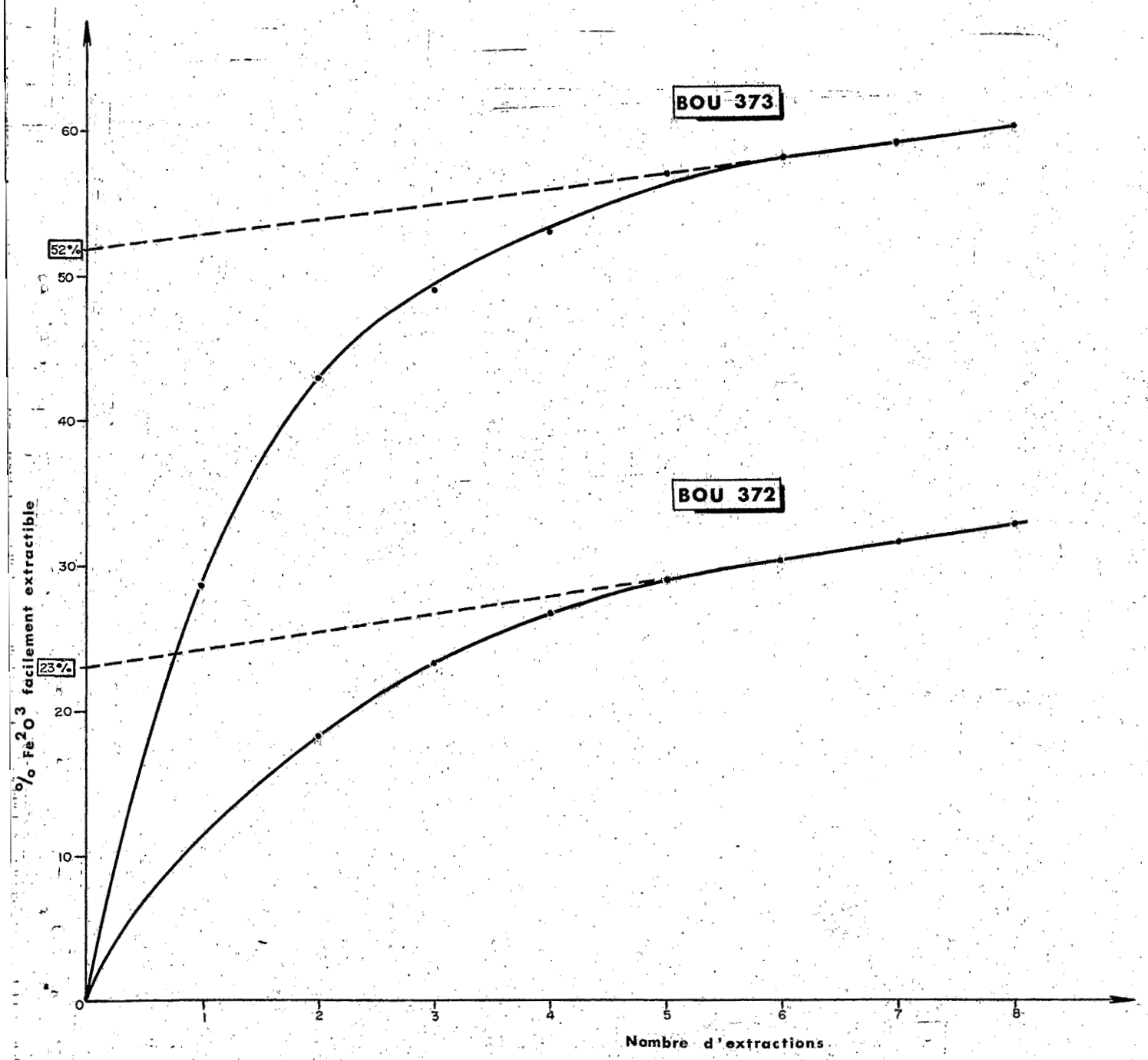
Tableau 2 - Analyses chimiques des sols à accumulation organique

FIG. 4

DÉTERMINATION DE Fe^2O^3 FACILEMENT EXTRACTIBLE A HCl 8N SUR UN SOL FERRALLITIQUE HUMIFÈRE GRAVELEUX

TABLEAU 3

ECHANTILLON	HORIZON	% D'ELEMENTS GROSSIERS	% FER EXTRACTIBLE	% Fe EXTRACTIBLE / Fe TOTAL
BOU 372	A_1	49,1 %	28 %	45 %
BOU 373	(B)	51,8 %	52 %	75 %



3.32 - Fractionnement de la matière organique

Le fractionnement de la matière organique par la méthode B.DABIN 1971, permet de constater que l'on peut extraire à l'acide phosphorique et au pyrophosphate de sodium (extraction à $P_2O_7Na_2$ 0,1 M à PH 7 à PH 9.8) près de 5 % de la matière organique, ce qui indique une évolution certaine de cet horizon.

Dans les produits d'extraction, on note (tableau 4) une dominance des produits faiblement polumérisés : acides fulviques faiblement liés, acides fulviques, et acides humiques bruns, par rapport aux acides humiques

Dans l'horisons sous jacent cette dominance est encore plus nette. Ceci correspond probablement à une dégradation des matières légères en acides fulviques et à un entrainement trés rapide de cette fraction en profondeur.

Tableau n° 4

Caractérisation de la matière organique

N° de l'échantillon	BOU.321	BOU.322
Horizon	A oo	A 1
Profondeur en cm	0 - 10	15 - 30
Teneur en c total /oo	377	12 9
C / N	23 . 6	15 . 2
Extraction PO_4H3	5 . 5	1 . 92
Extraction $P_2O_7Na_2$ 0.IM pH 7		
AF	5 . 82	0 . 98
A H	3 . 64	0 . 36
A F / A H	1 . 6	4
Extraction $P_2O_7Na_2$ 0.I M pH 9		
A F	3 . 00	
A H	2 . 79	
A F / A M	1 . 08	
Extraction Na OH 0.IN		
A F		1 . 34
A H		0,05
AF/AH		-
Electrophorése	$P_2O_7Na_2pH_7$ $P_2O_7Na_2pH9$	
A H G	0 . 71 0.56	
A H I	0 . 20 0.26	
A H B	2 . 73 1.97	

Extraction faite sur les matières légères pour BOU 321

3.4. - Evolution des litières dans le massif

Une litière apparait fréquemment sous végétation forestière quel que soit le sol sous jacent dans le massif. Ces litières bien que peu épaisses indiquent un ralentissement de la vie biologique à certaines périodes de l'année.

Il est intéressant de comparer les sols à accumulation organique au différentes litières du massif (fig. 5)

L'extraction à l'acide phosphorique enlève beaucoup plus d'acide faiblement liés (fraction AF 1) sur les rankers que sur les autres types de sol. Le pourcentage d'acides humiques, en particulier d'acides humiques gris est par contre plus important dans les litières de basse altitude que sur les sols à accumulation organique.

Au niveau même de la litière on note donc une évolution des matières organiques en fonction des sols avec un accroissement des acides peu polymérisés dans les sols à accumulation organique par rapport aux sols ferralitiques et à plus forte raison par rapport aux sols bruns.

3.5. Eléments de pédogénèse

Ces accumulations de matières organiques commencent de façon notable vers 900 m sous forêt. Elles ne sont toutefois continues et conséquentes qu'à partir de 1200 m d'altitude sur ce massif.

La forte pluviométrie et le climat frais qui règne dans cette zone, l'abondance de matière organique produite par les mousses et les lichens, la pauvreté chimique des horizons minéraux, l'anomalie de teneurs et de rapports entre certains éléments : Ca^{++}, Mg^{++} K^{+} et Ni^{++} en particulier, sont les principales explications possibles de ces formations.

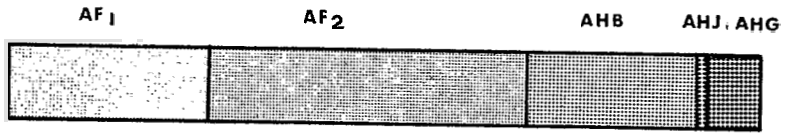
R. VIROT (1953) qui avait noté une formation semblable sur le mont Humbolt vers 1200 m, l'expliquait par une forte nébulosité et une pluviosité intense. Ces deux facteurs interviennent sûrement mais ne sont probablement pas suffisante. On n'observe pas de telles accumulations organiques sur d'autre type de roches mères en Nouvelle-Calédonie. On n'en retrouve pas en particulier sur le Mt Panié (côte Est) qui culmine à 1600 m et subit un climat trés semblable mais dont la roche mère est un mélange de micachiste et de gneiss.

La végétation est aussi un facteur déterminant. Les forêts à mousse semblent trés favorables à ce type de formation. Elles ont été mentionnées en particulier aux Nouvelles Hébrides (P. QUANTIN 1969) aux iles Salomon (KE LEE 1969) et en Nouvelle Guinée (J.J.REYNDERS 1964). Elles

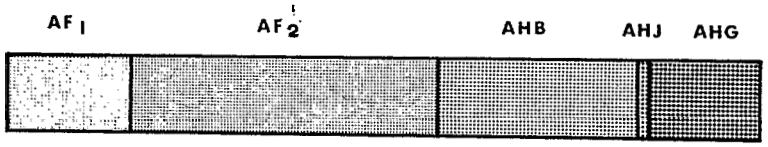
FIGURE N° 5

EVOLUTION DES LITIÈRES

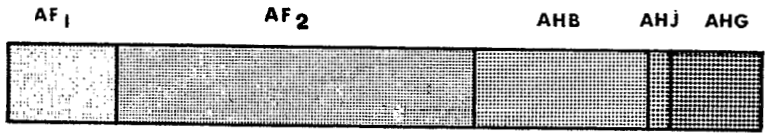
RANKER ORGANIQUE
BOU 391
1200 m.



SOL FERRALLITIQUE
BOU 61
250 m.



SOL BRUN EUTROPHE
BOU 300
100 m.



ne sont pas toutefois spécifique. KE LEE (1969) et moi-même (M.LATHAM 1973) avons noté des accumulations de matière organique, aux iles Salomons, sous forêt sempervirente sur sols issus de roches ultrabasiques. Ces accumulations apparaissent à partir de faibles altitudes (350 m) étant donné le climat équatorial pluvieux qui règne dans cette zone.

Les substrat semble donc jouer un role d'accélérateur de ces accumulations organiques. Sur les autres types de roches, ces accumulations se font de façon trés ponctuelles et dans des conditions bien particulières. Sur roches ultrabasiques elles sont beaucoup plus fréquentes. Il faut probablement mettre en cause les déséquilibres entre les éléments chimiques utiles aux plantes dans les horizons minéraux. Il peut aussi apparaître un phénomène de toxicité métallique en particulier due au magnésium et au nickel, analogues aux toxicités aluminiques décrites par MUTAKTAR et PRITCHET (1966).

Le climat et la végétation sont donc des facteurs favorables à une accumulation humifère. Mais il semble bien aussi que les sols issus roches ultrabasiques par leur caractèristiques édaphiques trés particulières puissent ralentir la vie biologique du sol et donc accelerer le processus d'accumulation organique.

3.6. Classification

La faible organisation de ces matières organiques, l'absence de signe d'hydromorphie dans le profil exclue une classification de ces sols dans les tourbes. Ils peuvent se comparer, pour les plus épais, à certains rankers alpins observés en pays tempéré (Ph. DUCHAUFOUR 1970) ; les facteurs pédogénitique n'étant pas le gel, mais un ralentissement de la vie biologique du aux conditionspédoclimatiques.

Trois cas peuvent se présenter :

a) des sols à profil Aoo C . Ils seront à classer :

- classe : sol peu évolué
- sous classe : humifère
- groupe : ranker
- sous groupe : à mor

b) des sols à profil Aoo A, (B) C dont l'horizon Aoo est suffisamment épais. La classification CPCS ne donne pas de limite inférieure pour l'épaisseur de l'horizon Aoo, la classification USDA et la légende FAO donnent par contre des limites à 25 ou 30 cm pour parler de rankers ou d'histosols. Pour ces sols on peut se poser la question de savoir s'il faut classer l'horizon organique ou le profil de sol en entier. Il serait plus dans l'esprit de la classification française de classer l'ensemble du profil de la façon suivante :

Classe : sol ferrallitique(cf par 4.4.)
Sous classe : ferritique
Groupe:humifère
Spus groupe : a mor (à créer)

c) des sols pour lesquels l'horizon Aoo est inférieur à 25 à 30 cm suivant une limite à choisir. On ne traiterait alors l'accumulation organique qu'au niveau du sous groupe.

Il faut toutefois remarquer l'anologie qui existe entre ces sols et les rankers cryptopodzoliques décrits par CARBIENER (1964) et Ph. DUCHAUFOUR et alt (1963). La matière organique peu polymerisé et trés acide dissout ainsi en partie la cuirasse, ce qui différentie assez nettement ces sols des sols ferralitiques humifères généralement décrits (4.3)

3.7. Conclusion sur les sols a accumulation humifères

Ces sols à accumulation humifère, quoique d'extension assez restrinte, présentent un gros intérêt théorique. Ils montrent l(impossibilité pour la vie biologique du sol, dans conditions chimiquement défavorables (lixiviation en bases trés importante, pH trés acide, déséquilibre entre les éléments nutritifs avec possibilité de toxicité due à l'exés de magnésium et de nickel) d'incorporer les résidus d'une végétation forestière au sol dans le milieu tropical.

Ils peuvent de plus, par les qualités des solutions percol (riches en acides organiques peu polymérisées et trés acides) représenter une première phase dans le processus de démantellement des cuirasses ferrallitiques.

LES SOLS D'UN MASSIF DE ROCHES ULTRABASIQUES

DE LA COTE OUEST DE NOUVELLE - CALEDONIE

L E B O U L I N D A

2ème partie : Les sols à accumulation ferrugineuse relative

Marc LATHAM

Octobre 1974

12 DEC. 1974
O.R.S.T.O.M.
Collection de Référence
n° 7238 Pedo

IV - LES SOLS A ACCUMULATION RELATIVE DU FER

Ces sols couvrent au delà d'une certaine altitude (250-300 m) la plus grande partie du massif. Leur pédogénèse est caractérisée par une individualisation et une accumulation relative du fer sous forme d'oxydes et d'hydroxydes, accompagnée de l'élimination des deux autres constituants principaux de la roche : la silice et le magnésium.

4.1 Caractères généraux de ces sols

4.11 Profil type BOU 12

- Localisation Massif du Boulinda sous le pic Poya.
- Paysage accidenté, replat entourant une dépression fermée.
- Alt. 820 m
- Roche ultrabasique : harzburgite
- Végétation lande avec quelques Araucaria Rulei, en strate arborée, et de nombreuses fougères en strate herbacée.

En surface très nombreux blocs de cuirasse vacuolaire et bréchique, certains de grande taille (1 m de long).

A_1 0-20 cm - Frais 2,5 YR 3/2 - rouge sombre - à matière organique non directement décelable - très nombreux (95 %) éléments ferrugineux de forme nodulaire (scoriacés) de 1 à 5 cm de diamètre + blocs de cuirasse - sableux - structure particulaire - volume des vides très important entre les éléments grossiers - meuble - quelques racines moyennes et fines.

Transition distincte et régulière

A_3 20-40 cm Humide - 2,5 YR 3/2 rouge sombre - très nombreux (95 %) éléments ferrugineux de forme nodulaire (scoriacés), de petite taille - sableux - structure particulaire - volume des vides très important entre les éléments grossiers - friable - quelques racines moyennes et fines.

Transition nette et régulière

(à la limite entre ces deux horizons on observe une mince pellicule indurée).

B_2 40-70 cm Humide - 2,5 YR 3/4 brun rougeâtre foncé - quelques éléments ferrugineux de forme nodulaire de faible dimension + quelques galets ferrugineux de 3 à 4 cm de diamètre - limono argileux - structure fragmentaire, poliédrique fine nette - parfois légère induration sur les éléments structuraux - volume des vides faible entre les agrégats - friable quelques racines moyennes et fines.

Transition graduelle et régulière

B_3 70-120 cm Humide - 5 YR 4/4 - brun rougeâtre - limono argileux - quelques sables de chromite - structure fragmentaire - polyédrique fine nette - volume des vides faible entre les agrégats - friable - pas de racines.

Transition graduelle et régulière.

B_3C 120-250 Humide - 5 YR 5/4 brun rougeâtre - quelques taches 10 YR 6/6 jaune brunâtre diffuses - on reconnait par endroit des plages de minéraux en voie d'altération (pyroxène, péridot) - limono argileux - structure fragmentaire polyédrique moyenne assez nette - volume des vides assez important entre les agrépats - microporosité importante - friable - pas de racines.

../...

4.12 Caractères morphologiques - variations

- L'accumulation d'éléments grossiers dans les horizons supérieurs du profil est très générale dans ces sols. Ces éléments, ici graviers ferrugineux et débris de cuirasse, peuvent être de forme et même de nature différente, silice recristallisée par exemple. L'épaissuer de cette accumulation est très variable. Elle peut dans certains profils dépasser 2 m et être pratiquement absente dans d'autres. Elle est liée en partie à un certain nombre d'autres caractères de ces sols : couleur, structure, caractères physico-chimiques et minéralogiques.

- La couleur rouge sombre des horizons A devient plus vive dans l'horizon B2 et tend vers le jaune dans les horizons profonds. Dans de nombreux cas, sur ce massif, les sols sont plus rouges que celui décrit et se classent dans les 10 R au Code Munsell.

- La structure, peu développée dans les horizons A du fait de la texture graveleuse est plus nette dans les horizons B. Elle tend vers une structure polyédrique moyenne à fine. D'une façon générale les agrégats sont très friables. Dans les horizons profonds, les caractères structuraux s'estompent.

- Ces sols sont en général profonds en position de plateau. D'après les sondages miniers, ils ne dépassent pas toutefois 5 à 6 m, à l'exception de certains en positions topographiques particulieres (fond de cuvette par exemple).

- Une faible pellicule indurée apparait dans le profil observé entre les horizons A et B, ainsi qu'une induration de la structure dans l'horizon B2. Ces caractères d'induration semblent toutefois très ponctuels sur ce massif.

- Le seul minéral primaire conservé dans le profil est la chromite. Il s'accumule très nettement dans les horizons graveleux supérieurs.

4.13 Caractéristiques physico-chimiques

a) Propriétés physiques (tableau 5)

- La texture des horizons B est du type limono-argileuse avec une grosse proportion de limons fins. Un net appauvrissement en éléments fins apparaît dans les horizons A. Cet appauvrissement est très général. Il est plus ou moins développé (cf. par 4.22).

- La densité apparente est assez élevée dans les horizons de surface. Elle baisse nettement en profondeur. Certains de ces sols ont dans les horizons B des densités apparentes voisines de 0,8 pour une densité réelle de l'ordre de 4. Ceci implique une très forte microporosité. J.J. TRESCASES (1973) dénomme ce type de matériau "saprolithe". Il a souvent la consistance onctueuse des andosols car il est très hydraté.

- La réserve en eau (pF 3 - pF 4,2), très faible en surface, augmente rapidement en profondeur.

Tableau 5

Caractéristiques physiques

N° de l'échantillon	BOU 121	BOU 122	BOU 123	BOU 124	BOU 125
Horizon	A_1	A_3	B_2	B_3	B_3C
Profondeur	0-10	30-40	50-60	90-100	240-250
% de refus	77.6	51.6	-	-	-
Texture					
Argile	2.2	6.6	31.6	36.7	32.9
Limon fin	2.1	5.2	28.7	41.9	40.5
Limon grossier	1.3	5.2	8.8	7.2	12.6
Sable fin	3.2	10.5	15.7	7.7	7.1
Sable grossier	91.1	73.2	12.9	6.5	5.0
Densité apparente	1.53		1.75		1.06
Eau du sol					
H à pF 3	5.2	7.1	31.4	51.8	64.5
H à pF 4,2	4.1	4.7	25.2	38.4	43.1

b) Propriétés chimiques (tableau 6)

- Ces sols sont moyennement humifères. Les teneurs en matière organique, moyenne en surface, diminuent rapidement dans les horizons B. Le rapport C/N est élevé. La répartition entre les fractions acides fulviques faiblement liés (extraction H_3PO_4), acides fulviques et acides humiques est assez équilibrée dans les horizons A1. En profondeur, les fractions peu polymérisées (acides fulviques) dominent par contre très nettement sur les fractions plus polymerisées (acides humiques).

- Ce sol a une capacité d'échange faible en surface et pratiquement nulle dans les horizons B. Les quantités de bases échangeables sont relativement faibles; Le magnésium est l'élément le mieux représenté; sa teneur maximum n'est cependant que de 0,43 me/100 g de terre dans l'horizon B3. Ce magnésium échangeable est probablement lié à des traces d'antigorite et de talc.

La réaction du sol est acide, moins acide toutefois dans les horizons A que dans les horizons B. Les remontés biologiques avec appprt de cations au cours de la minéralisation des matières organiques, l'emporteraient dans ce cas sur la lixiviation des bases.

Parmi les éléments totaux, le fer représente plus des 3/4 de la composition du sol. Le chrome est aussi très abondant, en particulier dans les horizons gravillonnaires. Il en est de même à un niveau plus bas pour l'aluminium.

../...

Tableau 6

Caractéristiques chimiques

N° de l'échantillon		BOU 121	BOU 122	BOU 123	BOU 124	BOU 125
Horizon		A_1	A_3	B_2	B_3	B_3C
Profondeur en cm		0-10	30-40	50-60	90-100	240-250
Matières organiques						
o/oo	Carbone	15,8	3,8			
	Azote	0,88	0,20			
	C/N	17,0	19,0			
	Ac Fulviques (extrait PO_4H_3)	0,47	0,29			
	Ac Fulviques	1,89	0,72			
	Ac Humique	2,51	0,1			
	AF/AH	0,95	10.			
	pH	5,7	5,6	5,0	5,2	5,1
Eléments échangeables						
en mé	Calcium	0,16	0,02	0,01	0,01	0,01
	Magnésium	0,16	0,02	0,01	0,43	0,32
	Potassium	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	Sodium	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
en mé	Capacité d'échange	6,94	3,09	0,33	0,01	0,01
	Taux de saturation	5,3	2,5	12,5	-	-
Eléments totaux						
	Perte au feu	10,1	10,4	12,5	13,4	14,3
	Résidu	0,41	0,64	0,34	0,18	0,10
	Silice	0,58	0,47	1,18	1,67	1,73
	Alumine	3,94	4,83	4,43	3,00	2,58
	Fer	76,7	73,3	75,1	76,7	76,5
	Titane	0,23	0,20	0,16	0,06	0,06
o/o	Manganèse	0,19	0,23	0,45	0,44	0,57
	Calcium	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Magnésium	0,34	0,02	0,39	0,40	1,53
	Potassium	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Sodium	0,04	0,01	0,06	0,08	0,07
	Nickel	0,12	0,08	0,55	1,23	1,16
	Chrome	6,77	8,31	5,35	3,61	3,17
	Cobalt	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	Phosphore	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01

On note par contre une concentration relative du magnésium et du nickel en profondeur. Les autres éléments se trouvent à de très faibles teneurs. On observe en particulier la disparition presque totale de la silice du profil et la grande pauvreté de ces sols en phosphore.

4.14 Caractéristiques minéralogiques

L'analyse par diffraction de rayons X * de la fraction argileuse met en évidence une composition à base d'hydroxydes et d'oxydes de fer : goethite et hématite.

On note (tab. 7) :

- un accroissement de la goethite en profondeur
- la présence d'hématite uniquement dans les horizons supérieurs.

Tableau 7

Caractéristiques minéralogiques

N° de l'échantillon	BOU 121	BOU 122	BOU 123	BOU 124	BOU 125
Horizon	A_1	A_3	B_2	B_3	B_3C
Profondeur (en cm)	0-10	30-40	50-60	90-100	240-250
Goethite	++	++	+++	+++	+++
Hematite	++	++	+	-	-
Couleur (code Munsell)	2,5YR3/2	2,5YR3/2	2,5YR3/4	5YR4/4	5YR4/4

+++ Très abondant ; ++ Abondant ; + Un peu ; - Absent.

Une liaison très nette apparait, dans la partie supérieure du profil entre la couleur rouge du sol et la présence d'hématite.

Afin de voir l'état de cristallisation de ces oxydes et hydroxydes, nous avons utilisé la méthode cinétique de dissolution par HCl (8N) de P. SEGALEN (1968).

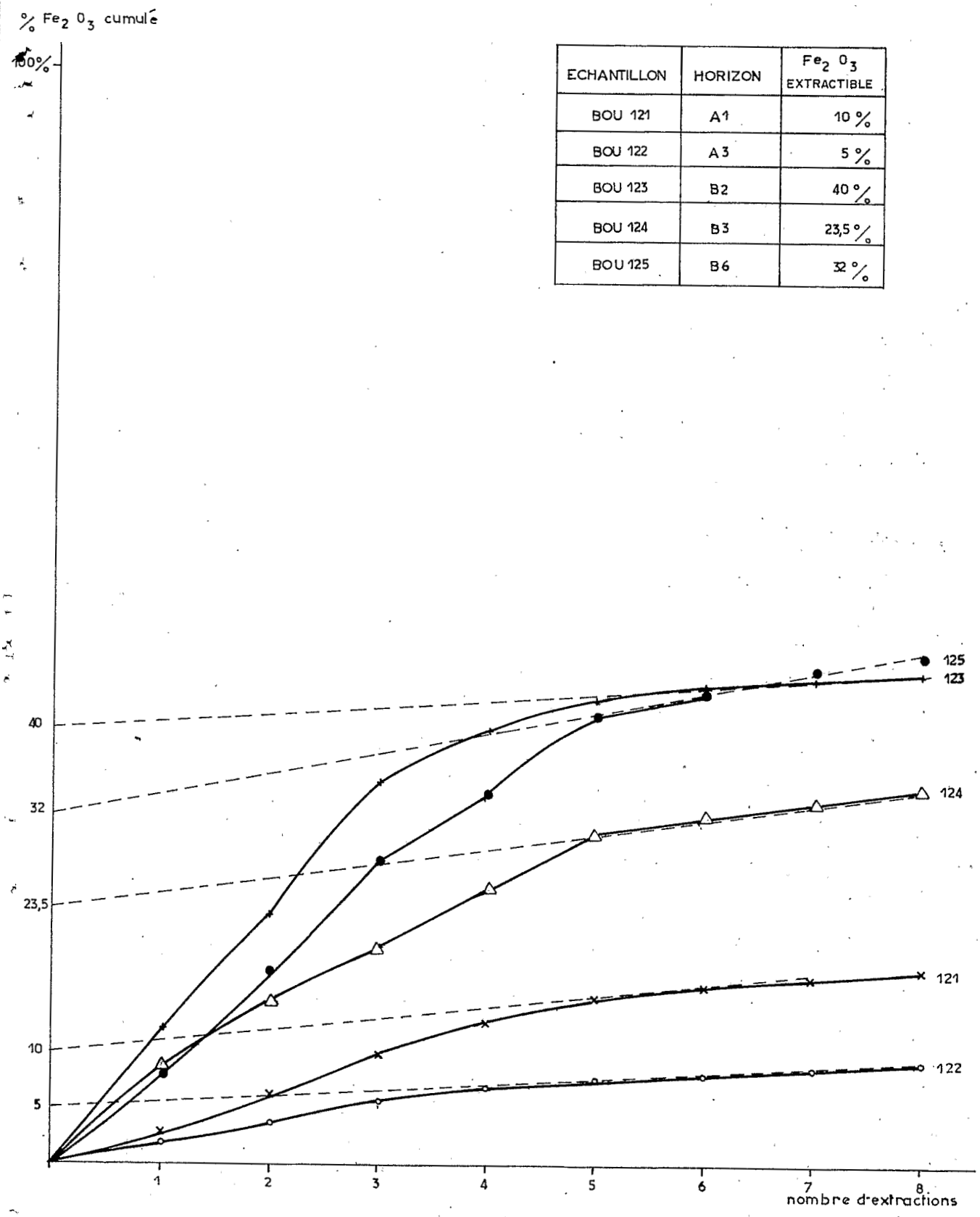
Elle indique (fig. 5) une faible proportion d'oxydes et d'hydroxydes facilement extractibles dans les horizons A et un très net accroissement de cette forme de fer dans les horizons B, en particulier dans l'horizon B_2.

* Analyses réalisées au laboratoire de spectrographie des S.S.C. de Bondy.

FIG 5

DÉTERMINATION DU FER FACILEMENT EXTRACTIBLE A HCL 8 N SUR UN SOL FERRALLITIQUE REMANIÉ APPAUVRI

ECHANTILLON	HORIZON	Fe_2O_3 EXTRACTIBLE
BOU 121	A1	10 %
BOU 122	A3	5 %
BOU 123	B2	40 %
BOU 124	B3	23,5 %
BOU 125	B6	32 %



Les courbes d'extraction (fig. 5) montrent un départ relativement lent suivie d'une extraction rapide. Ceci correspondrait à la présence de pseudo-particules enrobées d'une pellicule mieux cristallisée que la partie interne (M. LAMOUROUX, 1972 - L.J. NALOVIC, P. QUANTIN 1972).

Ce sol se présente donc dans la partie supérieure (horizon gravillonnaire) comme un mélange de goethite et d'hematite bien cristalisée. Les horizons profonds, pratiquement humides en permanence, sont composés presque uniquement de goethite mal cristalisée ou très fine.

4.2 Variation en fonction des conditions géomorphologiques

La morphologie de ces sols est éminemment variable dans ce massif. Les modifications de l'aspect du profil dues à la position topographique et à la place dans l'histoire géomorphologique du massif sont les plus apparentes.

4.21 Toposéquence type

Cette toposéquence a été observée dans la partie centrale du massif à partir du Pic Poya. Orientée W-E, elle s'étend entre 840 et 900 m. d'altitude sur 700 m. de distance. Elle recoupe une vallée fermée à partir de deux pitons la bordant. Elle appartient au niveau géomorphologique II.

On observe successivement(fig. 6):

- Sur forte pente et sommet très étroit sous végétation de maquis, des sols rajeunis par érosion ou même des lithosols présentant un enrochement très abondant.

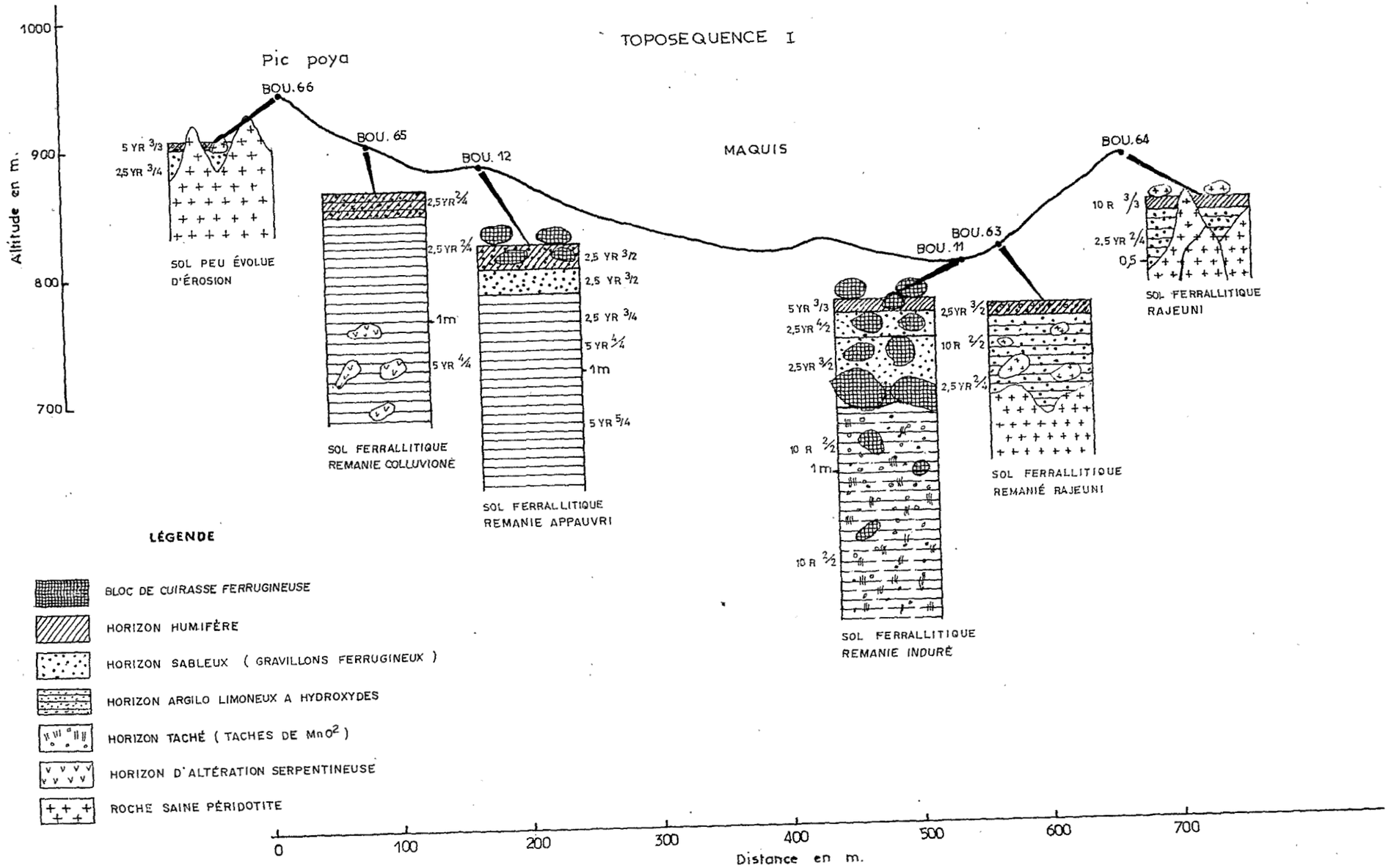
- En position de piedmont, sous le pic Poya et sous végétation de maquis un sol remanié colluvionné. Ce sol profond est légèrement gravillonnaire dans les horizons superficiels.

- En position de replat, dominant la vallée, sous maquis clair possédant quelques grands Araucaria Rulei, un sol remanié appauvri riche en blocs de cuirasse et graviers ferrugineux dans les horizons superficiels.

- Dans le fond de la vallée fermée, sous une formation v é g é t a l e basse à fougère, un sol remanié induré. L'induration se marque dans ce profil par une recimentation des blocs de cuirasse à proximité de la surface. Il est à noter que cette recimentation est postérieure à la formation des blocs de cuirasse car on observe des blocs sous l'horizon recimenté. Des traces d'individualisation du manganèse apparaissent dans l'horizon profond.

Cette toposéquence de moyenne altitude met en évidence la complexité de l'histoire géomorphologique de ces sols : formation de la cuirasse, démantèlement et accumulation dans le fond de la vallée et recimentation subactuelle en présence d'un niveau d'hydromorphie temporaire.

FIG 6


TOPOSEQUENCE I
Pic poya
BOU.66
BOU. 65
BOU. 12
MAQUIS
BOU.64
BOU.63
BOU.11
Altitude en m.
1000
900
800
700
5 YR 3/3
2,5 YR 3/4
SOL PEU ÉVOLUE D'ÉROSION
2,5 YR 3/4
2,5 YR 3/4
1m
5 YR 4/4
SOL FERRALLITIQUE REMANIE COLLUVIONÉ
2,5 YR 3/2
2,5 YR 3/2
2,5 YR 3/4
5 YR 4/4
1m
5 YR 5/4
SOL FERRALLITIQUE REMANIE APPAUVRI
5 YR 3/3
2,5 YR 4/2
2,5 YR 3/2
10 R 2/2
1m
10 R 2/2
SOL FERRALLITIQUE REMANIE INDURÉ
2,5 YR 3/2
10 R 2/2
2,5 YR 2/4
SOL FERRALLITIQUE REMANIÉ RAJEUNI
10 R 3/3
2,5 YR 2/4
0,5
SOL FERRALLITIQUE RAJEUNI
LÉGENDE
BLOC DE CUIRASSE FERRUGINEUSE
HORIZON HUMIFÈRE
HORIZON SABLEUX (GRAVILLONS FERRUGINEUX)
HORIZON ARGILO LIMONEUX A HYDROXYDES
HORIZON TACHÉ (TACHES DE MnO2)
HORIZON D'ALTÉRATION SERPENTINEUSE
ROCHE SAINE PÉRIDOTITE
0
100
200
300
400
500
600
700
Distance en m.

Elle permet d'esquisser un schéma de répartition des sols en fonction de la topographie :

- Surforte pente : sols rajeunis et parfois lithosols
- Sur pente moyenne : sol remanié rajeuni
- Sur bas de pente : sol remanié colluvionné
- En position de replat : sol remanié appauvri
- En position basse et mal drainée : sol remanié induré.

4.22 Variations autour de la toposéquence type

Des variations dans la nature et la taille des éléments grossiers peuvent apparaitre en fonction du niveau géomorphologique sur lequel on se trouve :

- Sur le niveau I on observe relativement peu d'accumulation d'éléments grossiers, même en position plane. Ces éléments grossiers sont composés d'un mélange de blocs de cuirasse et de graviers ferrugineux.

- Sur le niveau II les accumulations de cuirasse et de graviers ferrugineux sont très abondantes. L'appauvrissement en éléments fins se fait sur une profondeur moyenne.

- Sur le niveau III on observe essentiellement des accumulations de graviers ferrugineux arrondis et peu de cuirasses. L'appauvrissement en éléments fins peut porter sur plus de 50 cm.

- Sur le niveau IV on note une certaine hétérogénéité dans la texture du sol. Par endroit, on observe des accumulations de graviers ferrugineux ronds sur plus de 2 m d'épaisseur ; ailleurs au contraire une terre rouge fine, pauvre en éléments grossiers. Ces formations se trouvent souvent en discontinuité. D'une façon générale, on note une augmentation de la profondeur du sol et de l'appauvrissement en éléments fins aux niveaux les plus bas et un rajeunissement des sols dans les parties les plus hautes.

Tableau 8

Schéma de répartion des sols à concentration relative du fer en fonction des niveaux géomorphologiques et de la topographie.

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
Forte pente	- Sol rajeuni - Lithosol	- Sol rajeuni - Lithosol	- Sol rajeuni - Lithosol	-
Pente moyenne	- Sol rajeuni	- Sol remanié rajeuni	- Sol remanié rajeuni	- Sol remanié appauvri
Bas de pente	-Sol remanié colluvionné	- Sol remanié colluvionné	- Sol remanié colluvionné appauvri	- Sol remanié colluvionné appauvri
Plateau ou replat	-Sol peu gravillonnaire	- Sol remanié appauvri à cuirasse	- Sol remanié appauvri gravillonnaire	-Sol remanié appauvri gravillonnaire -Sol remanié appauvri peu gravillonnaire

4.3 Discussion sur la pédogénèse

Ces sols posent un certain nombre de problèmes quant à leur évolution du fait de leur ancienneté. Dans toute cette discussion il faudra en effet tenter de faire la part de ce qui est évolution actuelle du profil et de ce qui est héritage de pédogénèses anciennes. On peut en effet se demander si un matériau qui est pratiquement arrivé au stade ultime de son évolution (formation d'oxydes et d'hydroxydes) peut encore se transformer. Dans une note précédente, nous avons traité de l'aspect géomorphologique de la mise en place de ces sols. Nous traiterons dans cette discussion de l'aspect géochimique et minéralogique de cette évolution, dans le profil et dans le massif en fonction des variations climatiques liées à l'altitude. Trois caractéristiques nous intéresseront plus spécialement : l'évolution de la matière organique, du complexe échangeable et des produits ferrugineux.

4.31 La matière organique

La matière organique est l'élément le plus fugace dans la caractérisation de ces sols. Ses teneurs sont étroitement liées à la couverture végétale. Or celle-ci a subi, du fait des feux de brousse, liés à l'ouverture des mines, de gros dommage ces dernières années. Nous avons tenté de nous situer dans les conditions les moins perturbées de ce point de vue. Les teneurs en matière organique sont d'une façon générale moyennes à faibles dans les horizons A et très faibles dans les horizons A3. Si l'on observe des accumulations humifères en altitude (par 3-6) ces accumulations s'accompagnent rarement d'une augmentation des teneurs en matière organique des horizons minéraux. Il n'y a donc pas sur ces massif d'augmentation des teneurs en matière organique des horizons minéraux en fonction de l'altitude. Ceci diffère assez nettement de ce qui a été observé pour les sols ferrallitiques de montagne par d'autres auteurs dans d'autres régions (J. RIQUIER 1966, J.P. MULLER et alt. 1972). Ces auteurs notent en effet une augmentation très nette des teneurs en matière organique des horizons A, à haute altitude.

Le fractionnement de ces matières organiques fait apparaître un accroissement des pourcentages d'acides peu polymérisés avec la profondeur sur un même profil et aussi semble-t-il avec l'altitude (fig.7). En profondeur les acides fulviques représentent la quasi totalité de l'extrait humifère. Une telle répartition semble extrême pour les sols ferrallitiques (P. de BOISSEZON 1973) et se rapprocherait peut être plus d'une répartition de sols podzoliques.

L'absence de minéraux argileux, permettant la formation de complexes argilo-humiques relativement stables, est probablement responsable de cette évolution extrême des matières humifères.

4.32 Le complexe d'échange - le pH

L'étude du complexe d'échange est un point généralement très important pour la caractérisation des sols ferrallitiques. Or dans ces sols la capacité d'échange est quasiment nulle. Seules la matière organique et quelques traces de minéraux en voie d'altération (talc antigorite) peuvent donner à ces sols un certain pouvoir tampon vis à vis des cations échangeables. Mais ce pouvoir tampon est toujours très faible. Il ne dépasse que rarement 1 mé / 100 g d'argile.

../...

FIG. 7

FRACTIONNEMENT DES MATIERES ORGANIQUES EN FONCTION DE L'ALTITUDE DANS LES SOLS FERRALLITIQUES

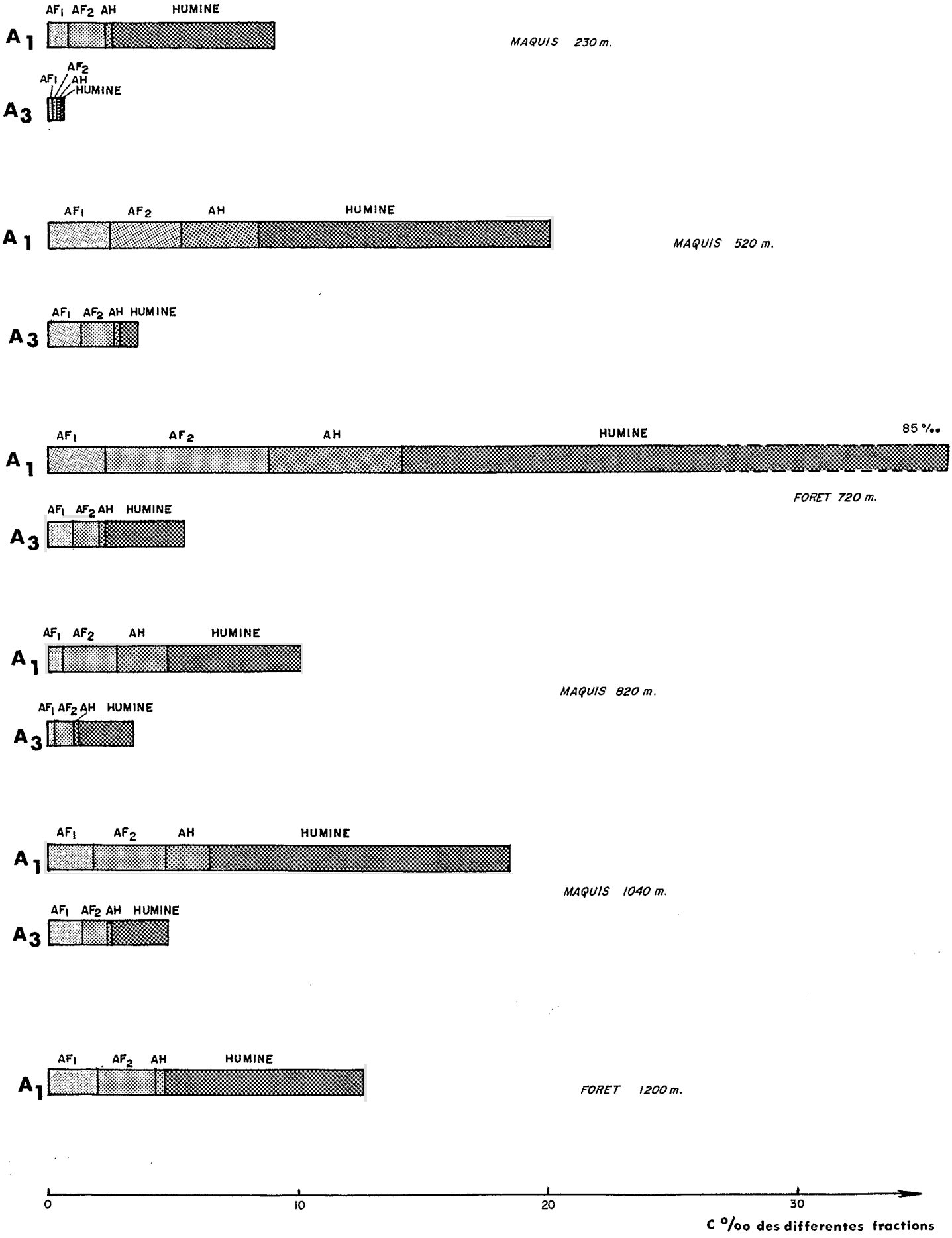
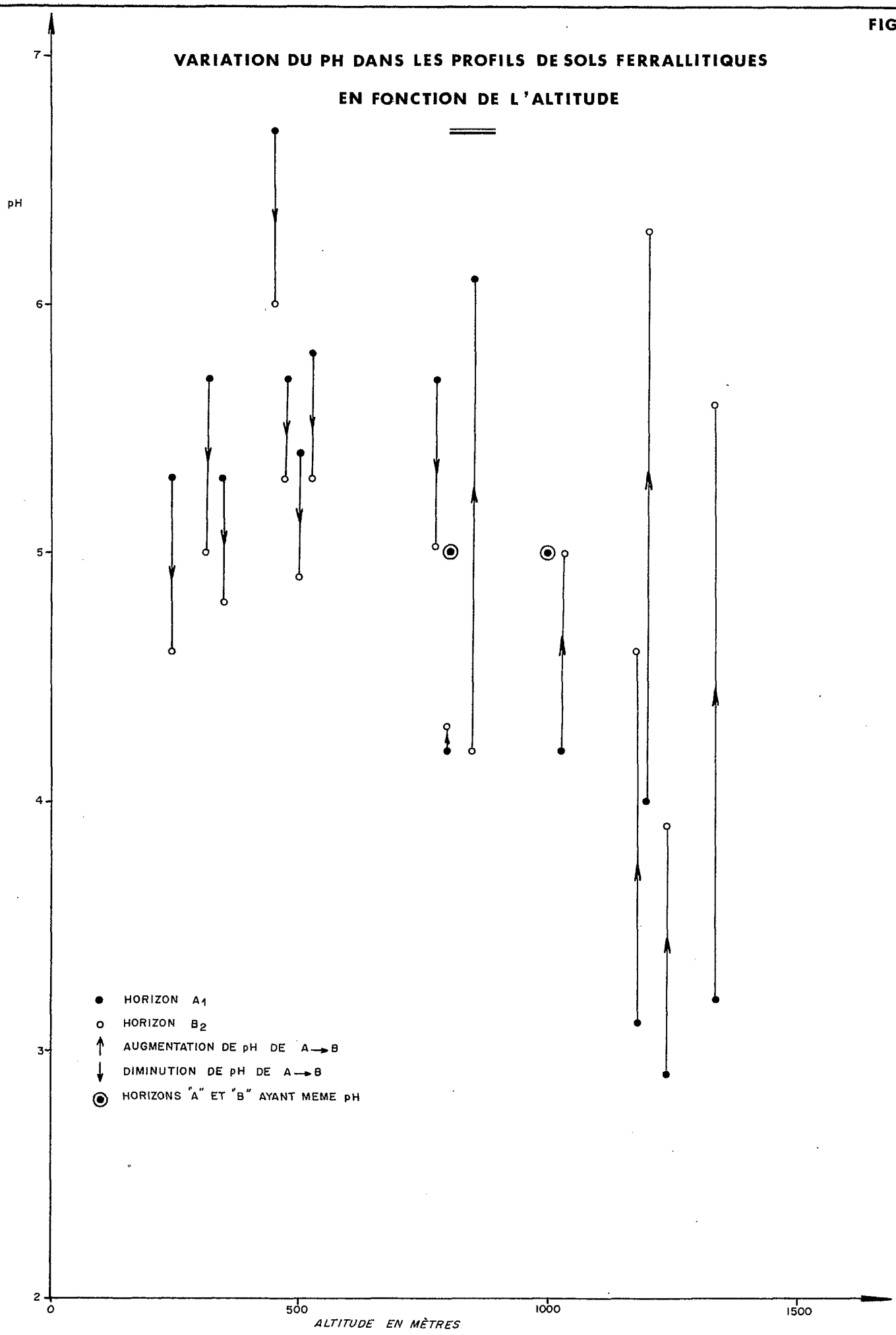


FIG. 8


VARIATION DU PH DANS LES PROFILS DE SOLS FERRALLITIQUES
EN FONCTION DE L'ALTITUDE
pH
7
6
5
4
3
2
0
500
1000
1500
ALTITUDE EN MÈTRES
HORIZON A1
HORIZON B2
AUGMENTATION DE pH DE A→B
DIMINUTION DE pH DE A→B
HORIZONS "A" ET "B" AYANT MEME pH

De la sorte les cations échangeables sont peu fixés dans ces sols et leur fixation maximum a lieu dans les horizons A. Parmi ces cations, Ca^{++} et Mg^{++} sont souvent bien équilibrés dans les horizons A du fait des remontées biologiques. Dans ces horizons profonds par contre le magnésium domine très nettement du fait de sa liaison avec le talc et l'antigorite.

Aussi faible que soit ce pouvoir tampon, un équilibre ionique s'instaure toutefois. Et les variations de pH dans le profil semble assez nettement influencées par l'altitude et donc le climat.

- Les horizons A des sols profonds, de moyenne et faible altitude sont moins acides que les horizons B.

- A altitude plus élevée on observe l'inverse (fig. 8), ceci indique bien qu'à altitude élevée la lixiviation des bases l'emporte sur les remontées biologiques permettant d'acidifier les horizons A. A moyenne et faible altitude par contre les remontées biologiques dominent. Cette comparaison entre l'acidité des horizons A et des horizons B a de nombreuses fois été étudiée (Equipe du Ghana, ochrosols - oxysols, P. de BOISSEZON (1968) en Côte d'Ivoire). Cette acidité s'appuie toutefois dans les exemples cités sur un pouvoir tampon du sol important. Ici le pouvoir tampon est très faible et il faudrait suivre l'évolution du pH au cours de l'année dans ces sols pour pouvoir prendre ces variations bien en compte.

4.33 Le Fer

Le fer est le principal constituant de ces sols. De son évolution dépendra donc l'évolution du sol. Nous envisagerons successivement trois de ses propriétés principales : son état de cristalisation, la forme minéralogique sous laquelle il se trouve et les indices d'induration.

4.331 Etat de cristalisation

Dans l'exemple étudié, les produits ferrugineux sont moins bien ou plus finement cristalisés dans les horizons profonds que dans les horizons supérieurs. Cette constatation est d'ailleurs conforme aux résultats déjà obtenus par J.J. TRESCASES (1973) et L.J. NALOVIC et P. QUANTIN (1972).

Deux points restent toutefois à préciser : l'influence du pourcentage de gravillons sur l'état de cristalisation du fer et la variation de cet état en fonction de l'altitude et donc du climat.

D'une façon générale on constate que dans une même zone, les échantillons gravillonnaires sont moins riches en fer facilement soluble que les échantillons fins, ce qui parait normal. Mais ceci n'est pas vrai si l'on se rapporte à l'ensemble du massif. Certains échantillons fins de basse altitude sont en effet beaucoup plus pauvres en cette forme de fer que certains échantillons gravillonnaires * d'altitude élevée. Il n'y a donc pas à ce niveau concordance exacte entre l'état de cristalisation du fer et l'état d'induration des particules composant ces sols.

---

* Il s'agit bien évidemment d'échantillons pris dans des horizons équivalents (horizons A_1).

On peut alors se demander si l'état de cristallisation du fer dans ces sols répondrait sur ce massif à une règle. Afin d'éliminer partiellement l'effet de ces particules indurées ⁎, le taux de fer facilement soluble dans les horizons A a été ramené à la fraction argile + limon et comparé à l'altitude et donc au climat. Une corrélation assez significative apparait (fig. 9) avec un r de 0,77 pour 7 mesures.

La droite de régression est :

$$\text{Altitude} : 0{,}087 \text{ fer facilement soluble} / _{A + L} + 2$$

Il semble donc que dans ce massif l'état de cristallisation du fer dans les horizons A soit en liaison assez directe avec l'altitude et donc le climat. Il serait plus fort dans les zones plus humides et ceci indépendamment du % de gravillons du sol.

Cette liaison entre la proportion de fer facilement soluble et l'altitude est bien moins nette pour les horizons B que pour les horizons A. Ces horizons étant humides presque toute l'année, l'influence du climat est beaucoup moins accentuée.

4.332 Forme minéralogique - couleur

L'exemple choisi montre la coexistence de goethite et d'hématite dans les horizons supérieurs rouges et la disparition de l'hématite dans les horizons profonds jaunes. De la serpentine et du talc apparaissent souvent dans les horizons C.

Les phases de l'altération des péridotites en serpentine talc et goéthite, ont déjà été décrites par de nombreux auteurs, notamment PEDRO et BITTAR (1966), L.J. NALOVIC, P. QUANTIN (1972) et J.J. TRESCASES (1973). Ces auteurs n'avaient pas toutefois insisté sur la présence d'hématite minéral qui semble induire la couleur rouge des horizons en renfermant (tableau 9).

Couleur Code Munsell	7,5 YR	5 YR	2,5 YR	10 R
Teneur en hématite	---	p p	Ab Ab p	Ab Ab Ab Ab

Tableau 9 couleur des horizons en fonction du pourcentage d'hématite de quelques sols.

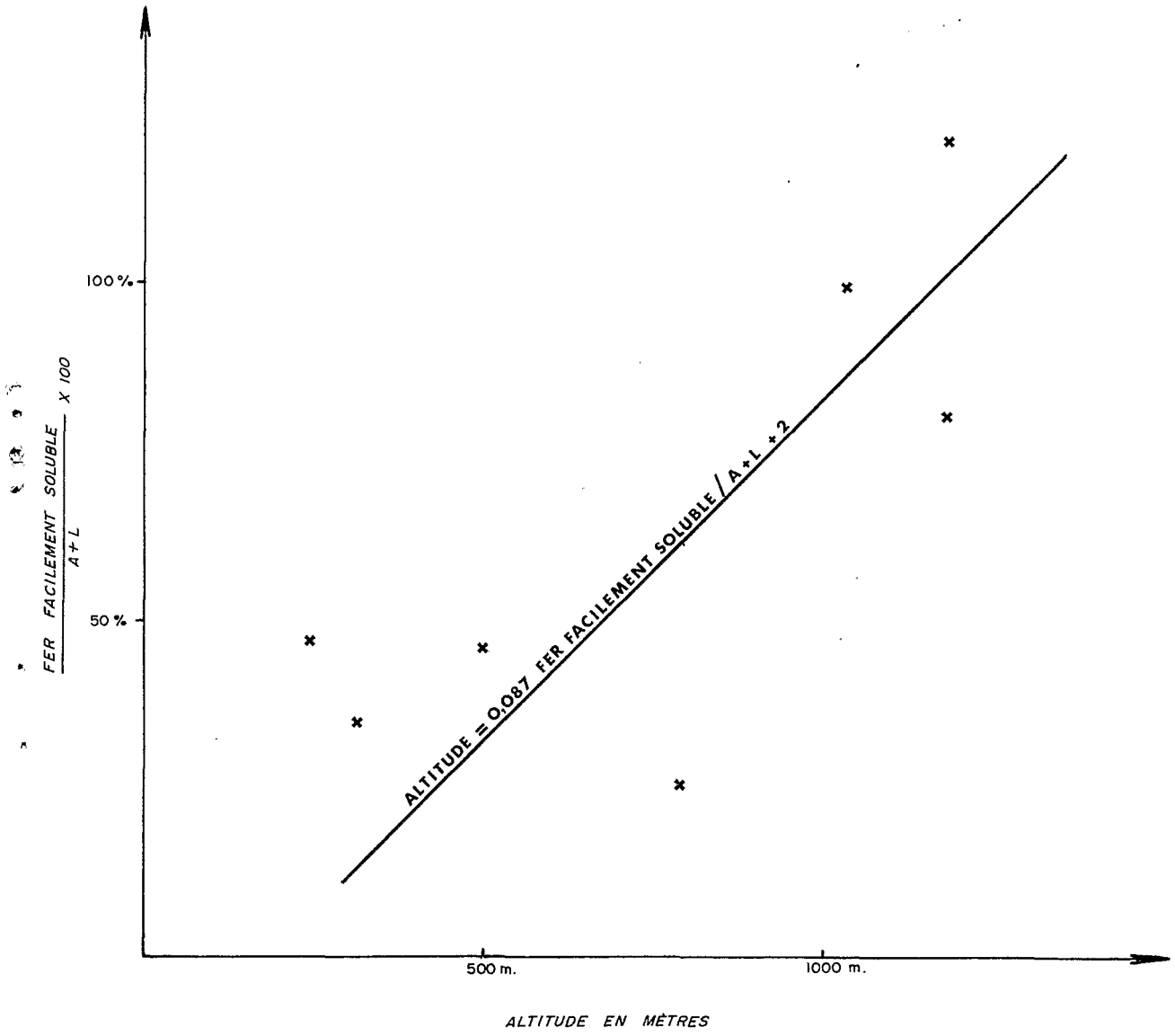
Ab : abondant - p : un peu - - absent.

⁎ Les extractions de fer facilement soluble ont été faites sur l'échantillon global humide afin de ne pas modifier sa cristallinité (voir J. LAUNAY, J.J. TRESCASES 1969 - L.J. NALOVIC 1970 - L.J. NALOVIC, P. QUANTIN 1972).

FIG. 9

POURCENTAGE DE FER FACILEMENT SOLUBLE RAPPORTÉ A LA FRACTION A + L

EN FONCTION DE L'ALTITUDE



L'hématite ne se trouve toutefois jamais seule dans ces sols mais toujours en mélange avec de la goethite. Elle n'est jamais non plus le minéral dominant d'après les renseignements que l'on peut tirer des diagrammes de diffraction aux rayons X. On n'observe pas d'hématite au dessus de 900 m.

Les échantillons riches en hématite sont par ailleurs assez pauvres en fer facilement soluble. Ce sont souvent des horizons assez secs de moyenne et basse altitude. On arrive donc à la conclusion que les sols rouges sont riches en hématite et pauvres en produits ferrugineux facilement solubles tandis que les sols jaunes sont riches en goéthite et en produits ferrugineux facilement solubles. Cette relation est inverse de celle notée par P. SEGALEN (1969) dans les sols ferrallitiques africains.

Les horizons riches en hématite sont de plus toujours des horizons remaniés. Si l'on ne trouve pas d'horizon contenant de l'hématite à altitude élevée, on n'observe dans certains sols de basse altitude dont l'horizon remanié a été décapé que des traces d'hématite. On peut se demander alors si l'hématite n'est pas dans ces sols le témoin d'une pédogénèse ancienne. L'évolution actuelle tendant à hydrater cette hématite dans les sols de haute altitude et dans les horizons profonds pratiquement constamment humide.

La forme minéralogique des produits ferrugineux observés dans ces sols serait donc sous la double influence d'une évolution ancienne qui aurait permis la formation d'hématite et d'une pédogénèse actuelle qui, dans des conditions d'humidité du sol suffisante, permettrait la destruction de cette hématite et la retrogradation des produits ferrugineux sous forme de goethite et de produits ferrugineux facilement solubles.

4.333 Induration

Les manifestations d'indurations anciennes sont très nombreuses sur ce massif : cuirasses et gravillons, ferrugineux sont très abondants dans les sols observés. Or actuellement on ne note que très peu de faits indiquant une indúration actuelle :

- Dans la toposéquence étudiée, une recimentation des blocs de cuirasse apparait dans le fond de la vallée, au-dessus d'un horizon montrant des traces d'hydromorphie temporaire.

- Les graviers ferrugineux du niveau I en altitude contiennent des éléments ferrugineux tubulaires probablement liés à une activité racinaire et à la formation de complexes humoferrugineux.

- Les courbes d'extraction du fer facilement soluble montrent une accélération de l'extraction après deux ou trois traitements. Ce fait a permis à L.J. NALOVIC et P. QUANTIN (1972) d'émettre l'hypothèse selon laquelle le sol serait composé de microagrégats entourés d'une pellicule légèrement indurée ; mais il ne semble pas que l'induration actuellement dépasse ce stade pour former des cuirasses :

- L'hydromorphie est très localisée sur ce massif. Seules quelques cuvettes fermées, résultant d'une évolution karstique des péridotites peuvent présenter actuellement des conditions d'hydromorphie temporaire. C'est ce qui explique la faible importance du processus d'induration en cuirasse dans cette zone.

../...

- Le concrétionnement tubulaire n'est que très limité et son observation devra être complétée par d'autres études.

- L'agrégation telle qu'elle a été observée par L.J. NALOVIC et P. QUANTIN n'est qu'un premier stade dans le concrétionnement. Il faudra étudier plus en détail le passage entre les microagrégats et les concrétions.

Il apparait donc que les manifestations de l'induration sont peu répandues sur ce massif actuellement. Le passage de l'observation macroscopique à l'échelle microscopique permettra peut-être de mieux les mettre en évidence.

4.4 Classification

Ces sols sont très évolués. Etant donné la composition chimique de la roche, pratiquement dépourvue d'aluminium, il n'y a pas formation d'argile 1-1. La pédogénèse est donc poussée jusqu'à son stade ultime qui est la formation d'oxydes et d'hydroxydes, dans ce cas essentiellement ferrugineux. Cette accumulation est accompagnée de l'élimination des deux autres constituants majeurs de la roche : la silice et le magnésium.

Or la classification française n'a pas prévu une place particulière pour ces sols (G. AUBERT 1954, G. AUBERT 1965, CPCS 1967). Dans la classe des sols ferrallitiques, seule classe dans laquelle ces sols peuvent trouver leur place, la kaolinite est considérée comme un minéral omniprésent (G. AUBERT, P. SEGALEN 1966, P. SEGALEN 1966). La séparation au niveau de la sous classe se fait en majeure partie d'après le taux de saturation de la capacité d'échange des horizons B, due principalement à la kaolinite. Ce critère devient difficile, voire impossible à appliquer dans le cas des sols étudiés ici.

G. TERCINIER (1962) avait déjà noté cette difficulté, classant ces sols "ferrallite ferrugineuse". Il s'était heurté au même problème pour les sols bauxitiques sur atoll corallien (G. TERCINIER 1971).

Ph. DUCHAUFOUR (1970) dans la dernière édition de son précis de pédologie, propose le terme de ferrallite pour des sols constitués presque uniquement d'oxydes et d'hydroxydes de fer et d'aluminium. Y. CHATELIN (1972) propose de séparer au niveau des horizons diagnostics les horizons kaoliniques et les horizons amphoxiques.

C'est toutefois dans la littérature étrangère que ces processus semblent avoir été le plus étudiés.

Les américains, à la suite de leurs travaux à Cuba et à Porto Rico, ont réservé une place spéciale à ces sols dans leur classification (USDA 1967). Au sein des oxysols, ils ont créé les grands groupes acrhumox et acrorthox. Les auteurs de la légende de la carte des sols du monde (FAO 1970) se sont inspirés de ces grands groupes pour créer les acrics ferrasols.

ZONN (1967) (1968), dans une nouvelle étude des sols de Cuba, a préféré les séparer des sols ferrallitiques au niveau des altérations.

../...

Il a parlé d'altération ferritique et de ferrite pour désigner ces sols.

HAANTJENS et BLEEKER (1970) font une distinction analogue pour définir les altérations tropicales en Papouasie - Nouvelle-Guinée.

Il apparait donc deux écoles, l'une tendant à considérer ces sols comme le stade ultime de la ferrallitisation (Ph. DUCHAUFOUR, USDA, légende FAO) en l'invididualisant à côté des kaolisols, l'autre (ZONN, HAANTJENS et BLEEKER) tendant à considérer le processus de leur formation comme parallèle à la ferrallitisation mais non identique.

Nous pensons que l'intégration de ces sols dans la classe des sols ferrallitiques doit être conservée (M. LATHAM, P. QUANTIN, G. AUBERT 1971). Le processus de la pédogénèse reste en effet le même, la différence ne portant que sur la nature des produits de cette pédogénèse, eux-mêmes liés très étroitement à la nature de la roche mère. Ceci amènerait donc à créer parallèlement aux sols kaoliniques et éventuellement bauxitiques une sous classe des sols ferritiques ⁑.

Il se pose cependant un problème relatif à la situation dans la classification française des unités naturelles observées en Nouvelle-Calédonie. Il s'agit notamment de celles relatives à des différences climatiques et se caractérisant par des variations caractéristiques de la couleur, liée à la nature minéralogique des oxydes et hydroxydes de fer et à l'état plus ou moins permanent ou contrasté de l'hydratation du sol, ainsi qu'à des variations de pH entre les horizons A et B.

Cette distinction devrait apparaître à un niveau élevé de la classification, soit dans le schéma proposé au niveau du groupe. Elle ferait apparaitre trois subdivisions :

- des sols rouges faiblement désaturés à hématite et goethite bien cristallisés (climat contrasté).

- des sols rouges sur jaune moyennement désaturés à goethite et hématite bien cristallisés en surface et à goéthite et hydroxydes de fer facilement solubles en profondeur (climat humide de moyenne altitude).

- des sols jaunes fortement désaturés, à goéthite, riches en hydroxydes de fer facilement solubles (climat perhumide des sommets).

⁑ Le terme de ferrite a été employé pour la première fois par VOGELSANG (1872). Ce serait un terme général pour désigner des produits ferrugineux plus ou moins cristallisés non diagnosticables par des méthodes optiques (A. HOLMES 1972).

../...

4.5 Conclusion sur les sols à accumulation relative du fer.

Les sols à accumulation relative du fer représente un pole extrême de la ferrallitisation de par leur composition. Ce ne sont pas toutefois des sols figés. Nous avons vu que le climat joue un grand rôle dans leur différenciation, non seulement au niveau de la matière organique et du complexe échangeable, mais encore au niveau de la cristallisation et de la minéralogie des oxydes et hydroxydes de fer qui les composent.

Ils posent de plus un problème de classification. Si leur place dans les sols ferrallitiques peut être maintenu, aucune des sous classes de ces sols ne leurconviennent du fait de l'absence de capacité d'échange dans leurs horizons B. On a alors proposé la création d'une sous classe ferritique, parallèle à une sous classe des sols kaoliniques et bauxitiques. Ces sols, de par leur composition, représentent donc un milieu extrême dans le domaine ferrallitique.