

# Reconnaissances pédologiques en Amazonie péruvienne (1)

## Problèmes de pédogenèse et de mise en valeur

Michel SOURDAT

ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay - 93140 Bondy

### RÉSUMÉ

*Les paysages et les sols de 2 petites zones de l'Amazonie péruvienne sont présentés et commentés. Les sols des paysages interfluviaux sont excessivement acides, désaturés et aluminotoxiques, cependant que leur constitution associe souvent des argiles de types 2/1 et 1/1. Leur ferrallitisation a donc été partiellement inhibée par des causes non-climatiques. Les sols des paysages fluviaux sont souvent fertiles mais restent menacés par les crues. L'exploitation agricole de cette région est donc très problématique, quels que soient les systèmes préconisés.*

MOTS-CLÉS : Amazonie — Paysages — Sols — Fertilité — Ferrallitisation.

### RESUMEN

RECONOCIMIENTOS EDA FOLOGICOS EN LA AMAZONIA PERUANA. PROBLEMAS DE PEDOGENESIS Y APROVECHAMIENTO

*Se presentan y se comentan los paisajes y suelos de 2 pequeñas zonas de la Amazonia peruana. Los suelos de los paisajes interfluviales son excesivamente ácidos, lixiviados y aluminotóxicos, mientras que arcillas de tipo 2/1 y 1/1 quedan a menudo asociadas en su constitución. Queda pues parcialmente inhibida su ferrallitización, por factores no-climáticos. Los suelos de los paisajes fluviales son a menudo fertiles pero siguen amenazados por inundaciones. Así pues, la explotación agrícola de la región queda muy problemática, cualquiera que sean los sistemas preconizados.*

PALABRAS CLAVES : Amazonia — Paisajes — Suelos — Fertilidad — Ferrallitización.

---

(1) Cette présentation résulte de deux brefs séjours (12 jours) en Amazonie péruvienne :

En 1982, à Estiron à l'invitation du Dr J. GASCHÉ, animateur du programme d'appui aux communautés indigènes (PRAP-CONA) mis en œuvre par l'IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana) avec la collaboration du CNRS.

En 1984, au CIJH (Centro de Investigación de Jenaro Herrera), station gérée par l'IIAP, à l'invitation de son directeur le Dr LOPEZ PARODI.

En ces deux occasions nous avons effectué des inventaires sommaires des paysages et des sols. Une quarantaine de profils ont été observés ; vingt-cinq ont été analysés dans les laboratoires de l'ORSTOM à Bondy.

Ces missions se sont déroulées dans le cadre d'opérations coopératives auxquelles participaient notamment le Pérou, la France, la Suisse et l'UNESCO. Nous remercions leurs représentants de leur accueil et de leur aide ; tout particulièrement le Dr GASCHÉ, le Dr LOPEZ PARODI, la communauté huitoto d'Estiron ainsi que P. PELLOUX, chef du laboratoire de chimie des sols de Bondy.

## ABSTRACT

## SOIL SURVEYS IN PERUVIAN AMAZONIA. PROBLEMS OF PEDOGENESIS AND LAND RECLAMATION

The landscapes and soils situated in two small areas of the Peruvian Amazonia are presented and discussed. The soils in the interfluvial landscapes are highly acid, unsaturated and aluminotoxic. However, they often include clays of types 2/1 and 1/1. Their ferrallitization has been, therefore, partly inhibited by non climatic causes. The soils in fluvial landscapes are often fertile but they can be affected by floods. Therefore, the agricultural development of this region raises problems, whatever the systems used may be.

KEY WORDS : Amazonia — Landscapes — Soils — Fertility — Ferrallitisation.

## LA RÉGION D'IQUITOS ET LES DEUX ZONES RECONNUES

## Situations (fig. 1 et 2)

Le village indigène d'Estiron est situé sur le cours inférieur du rio Ampiyacu lequel, grossi du Yaguasyacu, rejoint l'Amazone devant Pebas. L'Ampiyacu est

un cours d'eau secondaire dont la largeur n'atteint 100 m qu'au confluent, tandis que celle de l'Amazone est de 2500 m devant Pebas. Sur les images Landsat (WRS 005/62 du 11.07.79) son cours se distingue jusque vers 80 km à vol d'oiseau de Pebas ; sa longueur doit atteindre 200 km compte-tenu des méandres.

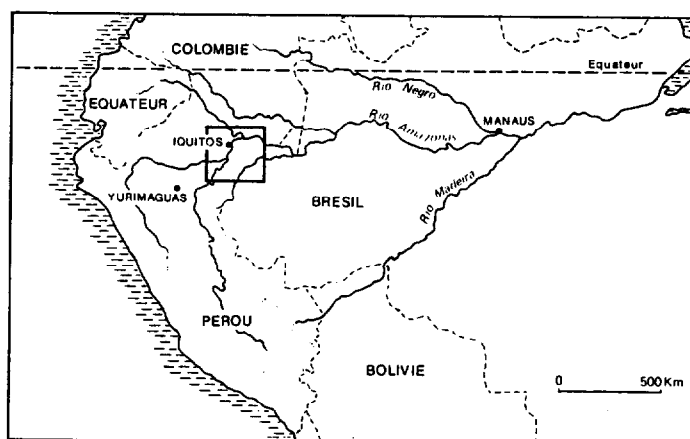


FIG. 1. — Situation de la région d'Iquitos

Jenaro Herrera est un bourg colonial auprès duquel est située la station de recherche. Il est riverain du cours inférieur du rio Ucayali, à plus de 1000 km déjà de ses sources de sorte que sa largeur varie de 500 à 1500 m d'un méandre à l'autre dans cette partie (Landsat WRS 006/63 du 19.09.83).

C'est à mi-chemin fluvial entre Jenaro Herrera et Pebas (plus de 150 km de l'un ou de l'autre) que se trouve Iquitos, capitale de l'Amazonie péruvienne. C'est en aval d'Iquitos que le rio Marañon grossi de l'Ucayali s'adjoit le rio Napo et prend le nom d'Amazonas.

Ces localités se trouvent par 71-74° de longitude W et 03-06° de latitude S.

## Climats

Le climat amazonien est de type tropical, chaud et humide mais non pas uniformément. Les contrastes saisonniers du régime pluviométrique diminuent d'Est en Ouest tandis que le versant andin accuse les effets de l'altitude (SOMBROEK, 1966).

Le pluviogramme d'Iquitos, valable pour les deux zones étudiées, offre un total annuel élevé. Il n'y a pas de saison « sèche » et le mois le moins arrosé ne reçoit pas moins de 150 mm d'eau en moyenne. Il existe néanmoins un contraste saisonnier qui influence fortement toute activité (fig.3).

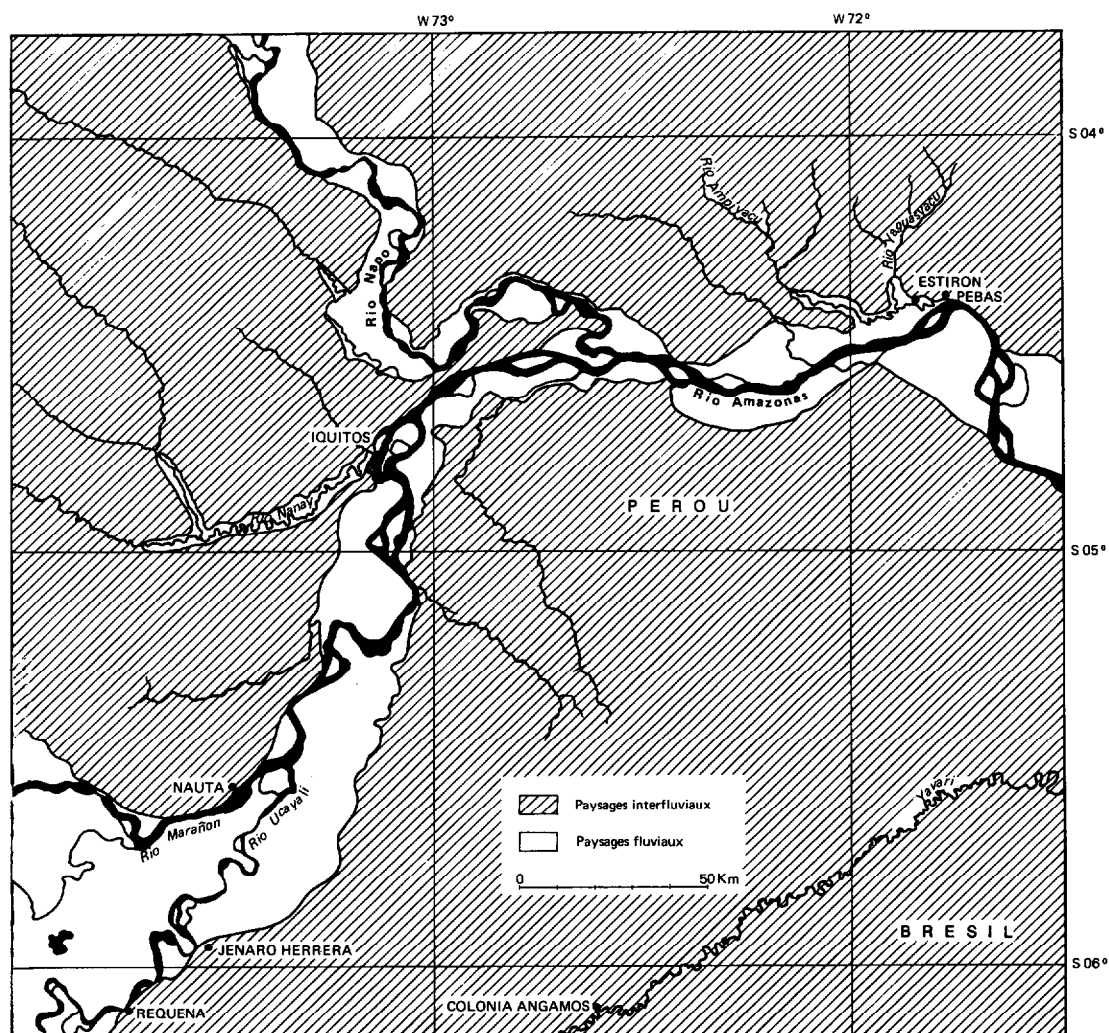


FIG. 2. — Structure de la région d'Iquitos comprenant les zones de l'Ampiyacu et de Jenaro Herrera

A Iquitos, les températures moyennes quotidiennes sont proches de 26°C. Les plus fortes moyennes mensuelles des maxima et minima quotidiens sont de 33°9 (octobre) et 18°6 (juillet).

L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air est élevée : elle varie de 73 % (janvier) à 93 % (mars). La nébulosité l'est également. On peut l'évaluer par le taux d'ennuage des « vues » qui ont été enregistrées par les satellites Landsat, durant 10 ans (1973-83), à 9h du matin. Au-dessus de l'Ampiyacu (scène 005-62) par exemple, 205 passages n'ont permis de capter que 2 vues claires (du 22.07.82 et du 31.01.83) ; 3 vues à 20 % d'ennuage, 1 vue à 30 %, 1 à 40 %, 2 à 50 %... 65 % des vues étant couvertes à 100 %. La nébulosité

augmente vers l'ouest et devient quasi-constante sur le pied des versants andins.

### Hydrologie

Le régime hydrologique intègre les influences des pluies andines et locales. Il est déphasé par rapport au régime de celles-ci.

Les variations annuelles moyennes du niveau de l'Amazone à Iquitos ont été de 5,6 m entre 1962 et 1969 ; de 7,4 m entre 1970 et 1978, la plus forte variation relevée durant ces périodes ayant été de 8,75 m en 1963. L'analyse des variations limnimétriques et pluviométriques montre une dérégulation des écoulements, imputable au défrichement excessif des versants andins (GENTY et LOPEZ PARODI, 1983).

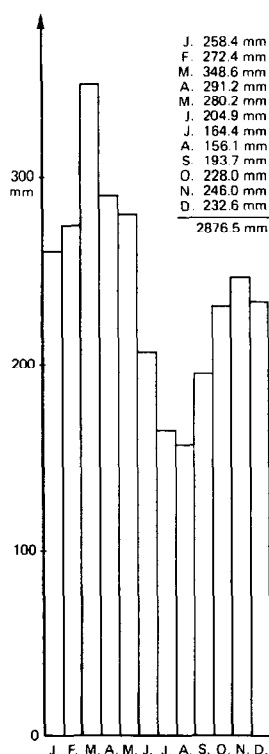


FIG. 3. — Pluviogramme d'Iquitos (période 1949-1972) d'après l'ONERN, 1976

### L'héritage du passé climato-eustatique

La morphogenèse et la pédogenèse de l'Amazonie ne peuvent être comprises que par référence aux effets géodynamiques, alternativement agressifs ou stabilisateurs, d'oscillations climato-eustatiques anciennes (SOMBROEK, 1966 ; TRICART, 1974).

Entre la fin de la glaciation du Würm et le début de la transgression flandrienne, les climats amazoniens ont été temporairement moins chauds, plus secs et surtout plus contrastés qu'actuellement tandis que le niveau des mers était inférieur, de plus de 100 m à l'actuel. Ces conditions ont provoqué le surcreusement du réseau fluvial, le décapage des interfluves et la disjonction des biotopes.

Le renversement de tendance géodynamique qui a mené les climats et les niveaux fluvio-marins vers leurs état actuel, voici quelques 12000 ans, a favorisé le remblaiement des vallées, la stabilisation des modelés, le réapprofondissement des sols et la réunification des biotopes.

### Géologie

Dans la région étudiée, les documents péruviens signalent l'affleurement de la formation Iquitos qui com-

prend, notamment des « sables blancs » et de la formation Pebas composée d'« argilites, marnes et lutites » (ONERN, 1976). Les documents brésiliens (Projeto RADAM-BRASIL) définissent une formation Solimoes, plio-pleistocène, étendue des Andes à Manaus et dont une description a été relevée justement à Pebas (elle surmonte la formation Barreiras qui affleure à l'Est de Manaus). Elle est composée de sédiments non consolidés péliopsammitiques, très complexe dans son détail stratigraphique et pétrographique. Il est malaisé d'identifier ces roches qui sont toujours météorisées à profondeur d'observation courante.

Dans les vallées, des formations dites Ucayali, Playas et Aguajal représentent le Pleistocène tardif et l'Holocène (fig. 4).

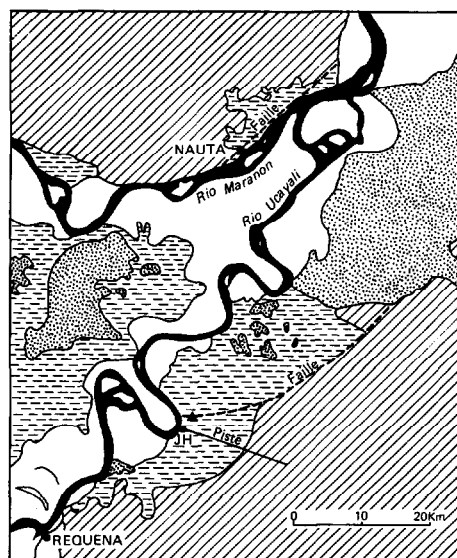


FIG. 4. — Esquisse géologique du confluent Ucayali-Marañon, d'après ONERN, in VEILLON (1986)

### Végétation

Le couvert naturel est forestier sauf, sur les « sables blancs » où domine un fourré, sur les dépôts très récents où se succèdent diverses associations pionnières et dans les zones mal drainées où les palmiers tendent à dominer, jusqu'à constituer une forêt ouverte

monospécifique dite aguajal, du nom du palmier Aguaje (*Mauritia sp.*).

La colonisation est encore très restreinte mais se manifeste, là où elle s'implante, par un front pionnier qui tend à l'extension malaisément réversible de pâturages. La forêt qui subsiste est dite « intervenida » car sa composition floristique a été sensiblement modifiée par une exploitation occulte.

### Représentativité des zones reconnues par rapport à l'Amazonie occidentale

L'Amazone draine environ 900 000 km<sup>2</sup> en territoire péruvien : 150 000 par le réseau Madre de Dios-Madeira et 750 000 par le réseau Ucayali-Marañon-Napo-Putumayo.

Un tiers de ces surfaces correspond aux versants andins et le reste à ce qu'on nomme assez improprement « cuvette » ou « plaine amazonienne » ou « Amazonie proprement dite » : le grand ensemble d'interfluvies collinaires, de plaines et de vallées plus ou moins marécageuses qui correspond à la subsidence périandine.

L'imagerie Landsat montre comment l'Amazonie occidentale est compartimentée par le réseau des grandes vallées en un assemblage de plate-formes interfluviales de profil général convexe, très aplati, dites escudos (« boucliers » bien qu'il s'agisse de formations sédimentaires). Les dénivellations y sont d'ordre décimétrique. Les talus qui dominent les vallées sont d'une quinzaine de mètres mais sont accusés sur l'imagerie par la réfléchissante des défrichements qui s'y étendent.

Ces escudos sont constitués de matériaux non-consolidés et météorisés qui n'ont offert que peu de résistances différentielles à la dissection. Les crêtes sont donc rares et peu marquées, au milieu de collines subgales. D'un escudo à l'autre, l'imagerie révèle néanmoins quelques dissemblances physiographiques qui pourraient justifier des prospections plus détaillées.

La largeur des plus grandes vallées atteint 25 km. Leur incision est ancienne ; leur tracé légèrement sinueux. Leur remblaiement est holocène ; les lits actuels y insèrent des méandres complexes, tortueux et instables. Plusieurs terrasses y sont emboîtées ou accolées. Les plus anciennes sont adossées aux collines avec lesquelles elles se confondent car elles sont hautes, déjà disséquées et pédologiquement évoluées. Les plus récentes ne cessent d'être détruites et reconstituées au gré de la dynamique fluviale. Celle-ci s'exprime aussi par l'abandon de méandres et le confinement de dépressions où se décantent les eaux de crue ainsi que le ruisselle-

ment venu des collines. En face de Jenaro Herrera, le confluent Ucayali-Marañon s'est ainsi inséré entre les escudos de Requena et Nauta, limitant un espace semi-marécageux de 400 km de largeur d'où n'émerge aucune colline et où l'imbrication des formations fluviales est extrêmement complexe.

Les rivières s'insèrent d'abord dans les interfluvies par des thalwegs en V puis s'étalent en méandres au sein de vallées élargies et remblayées. Leurs cours inférieurs sont parfois insérés non plus dans l'escudo ni dans leurs propres apports mais dans ceux du fleuve qu'elles rejoignent au terme d'un cheminement parallèle. Tel est le cas de l'Ampiyacu.

Les zones reconnues ne couvrent que quelques 2000 km<sup>2</sup> chacune, soit une infime partie de l'ensemble à propos duquel nombre de questions restent posées. Néanmoins, elles paraissent bien représentatives d'aspects communs de cet ensemble.

## LES PAYSAGES

Un modèle qui semble applicable à la région d'Iquitos a été emprunté à la zone du CIJH (1) (fig. 5).

### Les paysages interfluviaux

#### LES COLLINES

Nos observations n'ont pu porter que sur de petites collines, élevées de 15 à 30 m au-dessus du niveau fluvial, parfois redressées et allongées en crêtes dissymétriques. Leur modelé peut être plus vigoureux au centre des escudos. Les sols sont jaunes/rouges. Des débris de carapace ferrugineuse jonchent parfois le sol mais sont très petits et disséminés. Ce paysage correspond à la formation Pebas.

Les thalwegs sont remblayés de sables fins quartzeux, blancs, sur lesquels coulent des eaux claires.

#### LES HAUTES TERRASSES DISSÉQUÉES (HTD)

Le CIJH est située au bord d'un petit plateau dont le niveau s'intercale entre celui des collines et celui des paysages fluviaux, à une dizaine de mètres au-dessus du fleuve. Il est disséqué de loin en loin mais conserve sa planéité d'ensemble.

Cette terrasse (formation Ucayali) n'offre qu'un contraste physiographique flou avec les collines et s'il en existe d'autres lambeaux, notamment près d'Estiron, ils ne peuvent être circonscrits. La zone de raccordement terrasse-collines est plus vigoureusement disséquée, ce qui rend la délimitation plus incertaine.

(1) Centro de Investigacion de Jenaro Herrera.

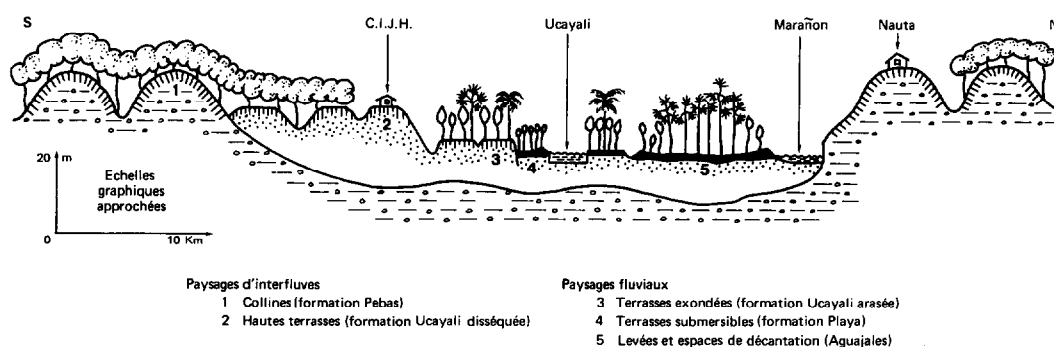


FIG. 5. — Coupe schématique de la zone Jenaro Herrera

Les sols sont rouges ou jaunes/rouges. La forêt est « intervenida ». L'eau des thalwegs coule claire sur fonds de sables blancs.

### Les paysages fluviaux

#### LES TERRASSES D'ARASEMENT EXONDÉES

Vues du fleuve, les coupes des rives de l'Ucayali montrent que certaines terrasses résultent de l'arasement d'une formation dont les lambeaux sont tronqués, soit au niveau d'horizons rubéfiés, soit au niveau d'horizons météorisés. Il s'agirait de la formation Ucayali, celle des HTD.

Le contraste est net. Ce paysage-ci n'est pas disséqué et ne domine le fleuve que de quelques mètres. Bien qu'il se situe au-dessus du niveau des plus fortes crues, il évacue mal les eaux pluviales, augmentées de celles qui ruissellent du niveau supérieur. Les sols sont submergés ou engorgés temporairement. Des dépressions internes peuvent retenir les eaux jusqu'à décantation et formation de paysages d'aguajales auxquels correspond la formation Aguajal.

L'arasement s'est fait par lambeaux de sorte qu'il subsiste une mosaïque de terrasses confuses, leurs contours n'étant précis que s'ils ont été découpés par une érosion latérale franche. Les sols sont diversement colorés par rubéfaction et/ou hydromorphie.

La forêt est d'aspect médiocre, souvent « intervenida ». Les chablis sont très nombreux. Les surfaces présentent parfois l'aspect de damiers de petites cuvettes de profondeur décimétrique où l'eau stagne.

En amont, au pied du talus des collines et HTD, les thalwegs dégorgent des cônes de sables blancs qui fossilisent la terrasse.

#### LE COMPLEXE FLUVIAL SUBMERSIBLE

Il s'agit d'un ensemble de bancs de sable, levées de berges, terrasses alluviales limoneuses emboîtées, espaces de décantation etc., annuellement submergés, remo-

delés ou renouvelés par les crues. La végétation ne dépasse pas les stades pionniers. Des placages limoneux sur les arbres matérialisent le niveau de la dernière crue.

Il s'agit de la formation Playa. Les dépôts évoluent peu sinon par hydromorphie. On retrouve parfois à profondeur de profil la terrasse tronquée sous-jacente (éventuellement rubéfiée). La comparaison d'images diachroniques montre la substitution d'un dépôt à un autre, le comblement des méandres morts (cochas), l'élargissement ou l'oblitération des bras secondaires (quebradas).

### LES SOLS

#### Méthodes, paramètres et symboles

- . pH = la réaction des sols est notée x/y, x étant le pH moyen des horizons superficiels et y celui des horizons sous-jacents (soit pratiquement A et B). Il s'agit du pH eau, 1 : 2,5.
- . S = somme des bases échangeables extraites par l'acétate d'ammonium à pH7, en mé/100 g de sol.
- . T = capacité d'échange cationique mesurée par l'acétate de calcium à pH7, en mé/100 g de sol.
- . T/A = la même, rapportée à l'argile.
- . V = S/T : saturation du complexe en %. Un horizon est dit eutrique, mesodystrique, dystrique ou perdystrique pour des valeurs de V seuillées à 50 %, 20 % et 7 %.
- . m =  $100 \text{ Al}/(\text{Al} + \text{S})$  : indice de Kamprath, Al étant la teneur en aluminium échangeable extrait par le chlorure de potassium. La toxicité aluminique est dite négligeable, moyenne, forte ou extrême aux seuils de 25 %, 60 % et 85 %.
- . R = résidu insoluble, résultant de l'attaque triacide (ATT).
- . Ki = rapport moléculaire  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  selon l'ATT. C'est un indice du processus ferrallitique dont le seuil théorique est 2 ; le seuil toléré est 2,20.
- . Pt = phosphore total extrait par l'acide nitrique.
- . Pa = phosphore assimilable extrait par la méthode de Bondy (OLSEN-DABIN).
- . Les minéraux argileux ont été déterminés par diffractométrie des rayons X, au niveau exploratoire.

**Les sols des paysages interfluviaux**

On y trouve des profils jaunes/rouges de nature plus ou moins nettement bisiallitique ou monosiallitique, associés, les uns plus souvent aux collines et les autres plus souvent aux HTD. Une association entre sols et sites appelle des réserves (suggérées par les parenthèses) vu le petit nombre de « cas » observés et l'ambiguïté des critères d'identification.

**LES SOLS À ARGILES BISIALLITIKES (ASSOCIÉS AUX COLLINES)**

Reconnus par sondages (limités à 1,20 m), 4 dans l'Ampiyacu et 1 à Santa Rosa (10 km au SW du CIJH), ils ont paru peu profonds, de texture argileuse à argilo-limono-sableuse, jaunes/rouges (7,5 YR/5 YR), compacts, avec litières et horizons humifères superficiels bien marqués sous forêt. Les principaux résultats d'analyses ont été rassemblés dans le tableau I.

TABLEAU I  
Résultats analytiques relatifs à des profils situés sur collines (C) et sur hautes terrasses disséquées (HTD). (a) Horizons superficiels ; (b) Horizons subsuperficiels et profonds

a)

Hor.	m.o.	% N	% C/N	pH	S mé	T mé	V %	m %	Pt ppm	Pa ppm	
(C) {	A.Y. 10.1	6.8	3.2	12.1	4.1	0.6	22	3	93	500	27
	12.1	5.8	3.6	9.3	4.2	1.0	20	5	89	650	38
	701.1	5.8	8.5	13.6	4.5	0.4	19	2	94	290	25
	11.1	5.0	2.8	10.5	4.5	0.8	15	5	83	430	26
(HTD) {	J.H. 7.1	9.9	5.3	10.8	3.7	0.6	16	4	89	610	104
	15.1	6.8	4.2	9.5	3.8	0.3	23	2	94	350	64
	17.1	6.1	3.4	10.5	4.0	0.5	16	3	94	380	46
	A.Y. 6.1	5.6	2.8	11.6	4.5	0.4	18	3	93	500	40

b)

Hor.	Ki %	R %	A %	pH	S mé	T mé	V %	T/A	m %	Pt ppm	Pa ppm	
(C) {	J.H. 8.2	2.32	58	41	4.7	0.4	12	3	29	94	200	9
	.3	2.43	42	63	3.9	0.5	21	2	33			
	A.Y. 10.2	2.48	54	41	4.8	0.4	18	2	45	95	420	6
	.3	2.53	38	56	5.3	0.4	20	2	38	97		
	12.2	2.67	61	33	4.6	0.7	15	5	45	91	450	16
	.3	2.50	50	42	4.8	0.4	16	3	40	96		
	701.2	2.29	73	25	5.1	0.2	10	2	40	95	160	13
	.3	2.32	71	27	5.3	0.2	08	2	30	95		
	11.2	2.26	68	30	5.1	0.4	10	4	33	92	330	14
	.3	2.43	62	35	5.2	0.2	10	2	31	96		
(HTD) {	J.H. 6.2	2.03	73	20	5.1	0.1	5	1	25	94	140	9
	.3	1.86	72	20	5.0	0.1	3	2	15	96		
	.4	2.03	48	23	5.0	0.2	3	6	13			
	.5	1.91	22	28	5.0	0.2	6	3	21			
	7.2	1.86	61	39	4.0	0.1	11	1	28	96	300	17
	.3	1.90	52	44	4.7	0.1	8	1	18	97	260	4
	.4	1.87	43	51	5.0		6		12			
	.5	1.91	36	55	5.1		6		11			
	13.2	1.88	64	24	5.0	0.1	5	2	20	93	55	10
	.3	1.91	62	26	5.1	0.1	4	2	16	94		
	.4	1.88	56	24	5.2	0.1	5	4	16	92		
	15.2	1.99	62	36	4.0	1.0	21	5	60	84	260	49
	.3	1.90	57	39	4.7	0.1	10	1	26	96	140	12
	.4	1.91	55	42	4.8	0.2	11	2	26	95		
	A.Y. 6.2	2.07	53	40	5.0	0.2	11	2	27	95	250	15
.3	2.14	53	42	5.3	0.1	10	1	25	97			
.4	2.13	52	42	5.1	0.15	9	2	24	97			

La texture des horizons A est fortement appauvrie sans indices d'une translocation d'argile vers B.

Il y a très peu de sables grossiers (moins de 5 %). Le taux de résidus insolubles correspond bien à la

somme des fractions non-argileuses.

Les valeurs de  $K_i$  sont comprises entre 2,70 et 2,30. La diffractométrie révèle la présence de vermiculite, d'illite, d'interstratifiés associés à la kaolinite. Les capacités d'échange restent faibles (8 à 21 mé/100 g) en raison de taux élevés de sables quartzeux inertes (27 à 73 %) mais le paramètre T/A se situe entre 30 et 45 mé (contre 11 à 28 pour les sols des HTD ci-après).

La réaction est très fortement acide (4.3/4.8). La somme des bases (S) est inférieure à 0,8 mé/100 g. La saturation (V) est comprise entre 5 et 1 %. Le taux d'aluminium échangeable (m) est compris entre 91 et 97 %.

Il y a carence en phosphore (moins de 700 et 50 ppm de Pt et Pa respectivement).

En dehors d'une forte teneur en matière organique des horizons superficiels, ces profils ne présentent aucun indice de fertilité physique ni chimique. Il y a lieu d'insister sur leur caractère excessivement acide, dystrique et aluminotoxique.

Il s'agit de sols fersiallitiques très fortement désaturés, éventuellement appauvris ou lessivés (CPCS, 1967), de *tropudults* ou *paleudults*, sous réserve d'une observation plus rigoureuse des horizons B (USDA, 1975), apparentés aux *red yellow podzolic soils* décrits par SOMBROEK (1966), à l'exclusion des *latosols* de SOMBROEK et des *oxisols* américains.

LES SOLS À ARGILES MONOSIALLITIQUES (ASSOCIÉS AUX HTD)

#### *Profils rouges (1)*

Une seule fosse a été observée, située sur un mouvement de terrain qui domine de quelques mètres la terrasse d'arasement d'Estiron, à 3 ou 4 km au nord du rio Ampiyacu. Cependant, le talus qui domine ce rio à Pucaurquillo (entre Estiron et Pebas) présente la même consistance et la même couleur de brique pilée.

Ce qui retient l'attention, au-delà d'un horizon A11 (0-5 cm) où se trouve concentrée la matière organique (5,6 %) et d'un horizon A12 (5-40 cm) où elle est diffuse (1,6 %), c'est un horizon B parfaitement homogène jusqu'à plus de 220 cm, uniformément rouge (2,5 YR 4/8), massif mais très friable et très perméable (la fosse a été drainée quelques heures après une violente averse), à sous-structure finement granulaire.

La texture argilo-sableuse comprend des sables fins à l'exclusion de sables grossiers. Les horizons A sont

appauvris en argile sans trace de translocation en B. Le toucher suggère l'existence de pseudo-particules mais celles-ci n'ont pas résisté à la simple dispersion chimique : la somme des fractions non-argileuses correspond bien au taux de résidus insolubles (ATT).

Le rapport  $K_i$  est inférieur à 2,15. La diffractométrie RX révèle la présence de vermiculite associée à la kaolinite désordonnée en présence de traces de gibbsite et d'interstratifiés. La capacité d'échange est voisine de 10 mé pour le sol, de 25 mé rapportée à l'argile.

La réaction est très acide (4.5/5.3). La lixiviation des bases est extrême (S inf. à 0,2 mé/100 g — V voisine de 2 %). Le complexe est saturé en aluminium dès la surface (m entre 94 et 97 %). Il y a carence de phosphore (moins de 400 et 40 ppm de Pt et Pa respectivement).

Bien que meuble, perméable, profond et riche en matière organique, ce sol semble chimiquement stérile.

Il s'agit d'un sol ferrallitique très fortement désaturé, typique, bien qu'à la limite extrême de sa classe (au niveau de tolérance de  $K_i$ ) ; d'un *typic dystropept* car on ne peut parler ni d'« oxisol » ni d'« ultisol ». Il s'apparente aux *latosols* de SOMBROEK.

#### *Profils jaunes/rouges (2)*

Quatre profils (dont 3 seulement prélevés) sont situés sur la haute terrasse de Jenaro Herrera. Un cinquième leur est apparenté par les résultats d'analyses (JH 13), bien que situé au Km 13 de la piste, sur colline apparemment. Ils se trouvaient sous forêt « intervenida », bien pourvus de litière et riches en matière organique (plus de 2,5 % entre 5 et 20 cm), sauf l'un d'eux sous pâturage (JH 16).

On remarque le développement assez profond (plus de 160 cm au-dessus de l'horizon BC) de profils de textures sablo-argileuses à argilo-sableuses, riches notamment en sables grossiers, d'aspect massif et de consistance friable, de couleur jaune/rouge (10 YR/5 YR). Le toucher et l'analyse décèlent un fort gradient d'argile mais les horizons BC (vers 200 cm de profondeur) ne sont pas moins argileux que les horizons B prélevés vers 100 cm. Une translocation n'est donc pas certaine. Les horizons BC sont réticulés, gris x jaune x rouge : des plinthites, sous réserve de durcir en séchant.

Les rapports  $K_i$  sont compris entre 2,05 et 1,85. La diffractométrie ne montre que du quartz et de la kaolinite. Les capacités d'échange sont inférieures à 10 mé/100 g, soit de 11 à 25 mé rapportés à l'argile.

(1) Cf. Annexe 1 et tableau I.

(2) Cf. Annexe 2 et 3 tableau I.

La réaction est extrêmement acide (3.8/4.9). On observe des valeurs inférieures à 0,2 mé/100 g pour S, à 3 % pour V, comprises entre 94 et 97 % pour m ; pour Pt et Pa, des valeurs respectivement inférieures à 300 et 30 ppm.

Les indices physiques de fertilité sont bons mais les indices chimiques sont franchement mauvais.

Il s'agit de sols ferrallitiques très fortement désaturés, appauvris ou lessivés ; d'*orthoxic paleudults* (ou *tropudults*) à la limite des *haplorthox*. On hésite à reconnaître les *latosols* ou les *red yellow podzolic soils* de SOMBROEK.

#### LES PODZOLS

Sous les noms de « sables blancs », des nappes de sols podzoliques sont connues près d'Iquitos et du CIJH. Il n'en a pas été observé dans l'Ampiyacu.

#### Les sols des paysages fluviaux

##### LES SOLS À ARGILES BISIALLITIQUES RUBÉFIÉS ET HYDROMORPHES DES TERRASSES D'ARASEMENT (1)

La terrasse d'arasement est nettement inscrite dans le paysage de l'Ampiyacu. Les 7 profils observés sont tous semblables. Il y a lieu de croire que toutes les terrasses homologues de la région en présenteraient de similaires.

Il s'agit de profils ABC tricolores (brun-gris/beige-rouge/plinthite pâle), bien contrastés bien que peu développés en profondeur (50 à 100 cm pour A + B), marqués par divers signes d'hydromorphie.

La matière organique est très abondante en A (5 à 7 %). Les textures sont argilo-limono-sableuses à argileuses avec un B argilique. La consistance est grasse, collante ; elle masque la structure qui semble massive.

TABLEAU II  
Résultats analytiques relatifs aux profils des terrasses d'arasement.  
(a) Horizons superficiels ; (b) Horizons sub-superficiels et profonds

(a)

Hor.	m.o. %	N %	C/N	pH	S mé	T mé	V %	T/A	m %	Pt ppm	Pa ppm
AY. 1.1	6.4	3.7	9.9	3.6	0.6	22	3	50	94	440	62
4.1	4.6	2.1	12.0	4.4	0.3	16	2	70	94	250	84
5.4	4.9	3.1	9.2	4.1	0.5	21	2	50	95	400	36
7.1	6.0	2.9	12.1	4.6	0.3	21	1	50	96	290	20
8.1	5.5	2.4	13.0	4.8	0.5	19	2	65	93	340	48
9.1	6.9	3.9	13.7	4.4	0.6	22	3	60	92	380	35
25.1	3.9	2.5	9.1	4.8	0.5	23	2	38	96	420	15

(b)

	Ki	R %	A %	pH	S mé	T mé	V %	T/A	m %	Pt ppm	Pa ppm
AY 1.2	2.38	46	50	4.5	0.3	18	2	36	96	340	44
3	2.44	25	70	4.8	0.4	21	2	30	94		
4.2	2.35	73	26	4.9	0.15	10	2	40	96	140	6
3	2.34	61	37	5.1	0.25	11	2	30	96		
5.2	2.47	60	41	4.9	0.3	16	2	40	95	250	5
3	2.45	50	46	4.9	0.3	13	2	40	97		
7.2	2.29	50	46	4.9	0.2	16	1	35	97	200	14
3	2.41	28	68	5.2	0.3	18	2	26	97		
8.2	2.45	65	34	5.0	3.8	13	3	40	94	180	11
3	2.44	49	46	5.0	3.8	14	2	30	96		
9.2	2.87	50	44	4.8	0.3	14	2	32	96	280	4
3	2.34	27	63	4.5	0.3	18	2	28	98		
25.2	2.32	23	73	5.1	0.3	20	2	27	97	290	22
3	2.31	35	40	5.3	0.3	15	2	35	97		

(1) Cf. Annexe 4 et tableau II.

Ki est compris entre 2,45 et 2,30 ce qui correspond à la présence de vermiculite et d'illite, partiellement interstratifiées et de kaolinite avec parfois des traces, voire un peu de gibbsite, en présence d'un taux élevé de résidu insoluble (ATT). T varie de 14 à 20 mé ; T/A de 25 à 40 mé.

La réaction est extrêmement acide (4.4/4.9). La désaturation est extrême (S inf. à 0,5 mé, V inf. à 3 %) ; la toxicité aluminique de même (m entre 95 et 98 %). Il y a carence en phosphore (Pt et Pa inférieurs à 700 et 50 ppm).

Il s'agit de sols fersiallitiques très fortement désaturés, lessivés et hydromorphes ; d'aquic tropodults. Ils cumulent les caractères physiques et chimiques les plus défavorables à l'exploitation comme le laissait pressentir l'état superficiel du sol et celui de la végétation.

#### LES SOLS ALLUVIAUX HYDROMORPHES DES ZONES SUBMERSIBLES (1)

##### *Les sols des terrasses*

Ils sont stratifiés de sables plus ou moins fins et de limons, bruns ou jaunes (7,5 YR 3/2 - 10 YR 4/4), moirés de gris et piquetés de rouille.

Ils sont constitués de quartz, feldspaths, kaolinite, vermiculite, illite, chlorites et montmorillonite (Ki sup. à 2,70). Les capacités d'échanges sont largement supérieures à 40 mé lorsqu'elles sont rapportées à l'argile.

La réaction est modérément acide (5,7). S varie de 2 à 16 me/100 g ; V de 17 à 65 %. Les teneurs en phosphore restent faibles ou moyennes (inf. à 1800 et 80 ppm pour Pt et Pa respectivement). L'aluminium échangeable est négligeable dans les dépôts les plus récents mais se voit libéré dès que l'acidification se manifeste.

TABLEAU III  
Résultats analytiques relatifs aux profils des terrasses et levées alluviales (horizons superficiels)

Hor.	Ki	R %	A %	pH	S mé	T mé	V %	T/A	m %	Pt ppm	Pa ppm
AY 13.1	2.83	37	54	4,5	1,8	23	8	43	85	980	73
.2	2.65	28	68	5,2	1,0	22	5	32	94	620	29
700.1	2.69	46	41	4,7	5,4	22	24	55	54	900	46
.2	2.67	52	28	5,5	3,0	15	20	45	70	480	48
J.H. 2.1			47	5,9	16,0	19	54	60		1800	59
9.1			67	5,0	7,4	30	24	45		410	16
.2			35	5,0	2,0	12	17	48			
11.1			20	5,5	5,9	15	39	75		730	20
12.1			20	7,2	16,0	25	65	125		1800	67
19.1			18	6,2	8,8	17	52	94		790	46
21.1			39	6,0	3,1	17	18	43		1500	68

##### *Les sols des levées de berges*

Certaines levées, proches du niveau des plus fortes crues, ne sont submergées qu'exceptionnellement. Leur sol peut évoluer. Par ailleurs, les matériaux sont plus ou moins riches selon qu'ils proviennent des grands fleuves ou de rivières mineures.

C'est ainsi que la levée d'Estiron (AY 700) qui bénéficie de l'entrée à rebours des eaux de l'Amazonas dans l'embouchure de l'Ampiyacu se montre moins riche et plus acidifiée que des terrasses riveraines du Marañon (JH2) (2), mais plus riche et moins acide que la levée de Brillo Nuevo (AY13), riveraine du Yaguasyacu, hors d'atteinte de l'Amazonas et dont les sédiments sont d'origine locale.

#### LES SOLS HYDROMORPHES ET PODZOLIQUE DES TERRASSES MARÉCAGEUSES

Les sols des aguajales comportent des couches plus ou moins épaisses de matière organique fibreuse au-dessus d'argiles à gley. Il s'agit de sols hydromorphes, minéraux ou organiques, de fibric tropaquepts ou d'aquic tropofibrists.

La matière organique des sols analogues d'Equateur est extrêmement acide de même que les horizons minéraux les plus superficiels tandis que la saturation des plus profonds peut atteindre 50 %, voire 90 %. Ils sont bisiallitiques.

Les aguajales sont d'accès malaisé. Leur exploitation est a priori problématique mais elles ne sont pas dépour-

(1) Cf. tableau III.

(2) JH2 a été prélevé dans l'île « Padre Isla », située devant Iquitos.

vues de ressources, immédiatement exploitables par la cueillette et la chasse.

En contrebas des collines et HTD la fossilisation des terrasses par des cônes de déjection sableux tend à former de profils hydromorphes ou podzoliques (1).

## LA PÉDOGENÈSE DES INTERFLUVES EN AMAZONIE OCCIDENTALE

A un certain moment du développement des connaissances pédologiques, la prédominance des sols ferrallitiques à la surface des grands interfluves intertropicaux a pu être présentée comme « zonale », étant censée traduire l'influence déterminante du facteur climatique sur la pédogenèse. Ces sols (2) sont, rappelons-le caractérisés par l'individualisation des sesquioxides et la prédominance plus ou moins exclusive des minéraux phylliteux de type 1/1 parmi les constituants argileux.

En ce qui concerne l'Amazonie, ces vues n'étaient pas infirmées par les travaux de SOMBROEK (1966), car si cet auteur mentionne des *red-yellow mediterranean soils* à phyllites 2/1, c'est à titre exceptionnel. Elles ont donc pu être étendues à l'ensemble du bassin (FAO, 1971 ; AUBERT et TAVERNIER, 1972).

Dès 1952 cependant, MILLER et COLEMAN avaient signalé que, en Equateur et au Pérou, l'occurrence de sols riches en argiles 2/1 était notoire et imprévisible, interprétée par eux comme « intrazonale » (3).

En 1974, SANCHEZ et BUOL s'attachaient à montrer que les sols prédominants des zones interfluviales proches d'Iquitos et de Yurimaguas (à 400 km SW d'Iquitos) devaient être considérés comme des *ultisols* et non pas des *oxisols*, plus proches donc des *red yellow podzolic soils* que des *latosols* de SOMBROEK, que de petites quantités d'argiles 2/1 y étaient associées aux argiles 1/1 et que l'extension des *oxisols* devait de ce fait être confinées à peu près à celle des boucliers guyanais et brésiliens.

En 1978, TYLER, BUOL et SANCHEZ précisèrent qu'à Yurimaguas, les *rhodudults* et *hapludults* contiennent autant d'argiles de l'un et l'autre type tandis que le

type 2/1 prédomine dans les *plinthudults* et le type 1/1 dans les *typic* ou *aquic paleudults*. Il serait évident selon eux que les sols de Yurimaguas sont parfaitement représentatifs, tant par la nature que par la situation, de l'ensemble du haut bassin amazonien auquel les expérimentations agronomiques effectuées sur la station seraient donc pleinement applicables.

Dans les zones brésiliennes adjacentes de l'Ampiyacu et du CIJH (Folhas Javari-Contamana, Jurua et Iça), RADAM-BRASIL (1977) signale la prédominance de *solos podzolicos vermelho-amarelos* en précisant que leurs argiles présentent une activité élevée, mention importante puisqu'elle implique qu'il s'agit bien de sols bisiallitiques. Une activité faible n'est mentionnée qu'à l'Est du parallèle 70°W et les *latosolos* beaucoup plus loin à l'Est de 61°W.

En Equateur, les interfluves collinaires sont couverts de sols rouges acides, dont les argiles se révèlent de type 2/1 ou 1/1, de façon imprévisible d'une colline à l'autre, 2/3 des observations présentant le premier type (SOURDAT, 1986, confirmant MILLER et COLEMAN, 1952) (4).

Certes, l'existence de sols à argiles bisiallitiques sous les tropiques humides n'est pas exclusivement propre à l'Amazonie occidentale mais leur extension semble inhabituelle et significative. Le facteur « climat » ne pouvant être mis en cause, cette limitation des processus pédogénétique à divers stades « pré-ferrallitiques » est-elle imputable au facteur « temps » ou au facteur « matériau originel » ?

Dans une hypothèse, la ferrallitisation serait à l'œuvre depuis trop peu de temps comme suite à un rajeunissement drastique et très récent des profils. Les sols seraient « en voie » de ferrallitisation.

Dans l'autre, certains processus seraient inhibés par la disposition horizontale de roches stratifiées et finement litées, par leur richesse originelle en quartz ultrafin et en argiles de type 2/1 héritées, toutes conditions propices à un autoblocage de la percolation des eaux et de l'élimination de l'excès de silice.

On note, a contrario, qu'en Haute Amazonie équatorienne, s'il existe des sols intensément évolués (au niveau de  $K_i = 0,70$ ), les uns, ferrallitiques rouges,

(1) Cf. Annexe 5.

(2) Autrement dits *kaolisols*, *latosols*, *ferralsols*, *oxisols*, *ultisols*, *inceptisols* ou encore *solos podzolicos*, etc...

(3) « It is difficult, in the field, to predict which of the soils will have the colloid properties of kaolinite and which will contain 2/1 lattice minerals. Such fundamental differences in the clays indicate a forme of intrazonality of the soils ».

(4) Les prospecteurs de l'Amazonie ont pu être portés par le préjugé zonal à considérer les profils ferrallitiques comme la règle et les profils fersiallitiques comme des exceptions qui la confirmeraient, minimisant inconsciemment l'extension et la représentativité de ceux-ci. La Carte des sols du Monde (FAO, 1971) illustre cette distorsion. Les cartes du projet RADAM BRASIL font une meilleure part aux sols bisiallitiques dans la mesure où l'on tient compte de la mention de forte activité des *solos podzolicos amarelho-vermelos*.

sont des reliques conservées hors d'atteinte de l'érosion ; d'autres, ferrallitiques bruns, sont issus de matériaux volcaniques très divisés ; d'autre encore, andosols beiges sont formés sur cendres (SOURDAT, 1986).

## POTENTIALITÉS AGRO-SYLVESTRES ET PASTORALES

*Les levées et terrasses alluviales* offrent à l'exploitation agricole les sols les plus fertiles, mais avec de grandes restrictions de surfaces et de périodes utiles et sous réserve de perte en cas de crue imprévue. Or, le défrichement excessif du versant andin fait peser sur les paysages fluviaux la menace d'une dérégulation croissante des écoulements.

*Les terrasses d'arasement* cumulent plusieurs propriétés apparemment redhibitoires pour toutes formes d'exploitation. Plusieurs communautés indigènes cependant, séduites par les avantages culturels et commerciaux d'une situation riveraine, n'ont pas craint d'abandonner les interfluves qu'elles occupaient naguère pour établir là leurs nouveaux terroirs. On peut se demander si leur appréciation empirique du terrain n'est pas en défaut et si leurs pratiques traditionnelles, si peu exigeantes soient-elles, ne seront pas tenues en échec par le mauvais drainage et l'infertilité qu'expriment les paramètres pédologiques.

La plupart des *sols d'interfluves* du Pérou comme de l'Equateur relèvent de la même problématique agronomique. Ils sont peracides, perdystriques et peraluminotoxiques, donc « infertiles » à l'état naturel.

Aucun système en effet ne peut exporter durablement plus de nutriments minéraux que le sol n'en peut mobiliser. Leur disponibilité mesure strictement le volume et le rythme de production de denrées commercialisables. Ceux-ci ne peuvent donc être, a priori, que très faibles.

La rigueur de cette règle n'est pas toujours perçue et divers discours tendent à la masquer.

Elle condamne les systèmes d'exploitation extensifs. Ceux-ci ne font qu'étendre de proche en proche l'épuisement minier du sol et la dénaturation à terme des

écosystèmes naturels. Elle condamne aussi les systèmes indigènes de brulis itinérants dans la mesure où les terroirs adéquats vont être inéluctablement restreints et où les temps sont révolus pour les indigènes eux-mêmes de ne rien exporter hors du terroir et de tout restituer au sol, y compris leurs propres os.

Pour produire beaucoup et durablement, il faut donc apporter des engrais, prendre lors des travaux les moyens de préserver les structures d'interface sol-plante et les conditions propres à leur bon fonctionnement. Cette pratique intensive est expérimentée à Yurimaguas avec des résultats agronomiques et socio-économiques dignes d'attention (SANCHEZ et al., 1982, 1983).

Divers systèmes « agro-sylvestres » (forest-like farming systems) offrent une voie médiane, semi-intensive. Ils tendent à diversifier les exigences en nutriments par des productions pluri-spécifiques ; à les étaler dans le temps par des productions pérennes et dans les 3 dimensions de l'espace par la stratification ; à limiter les pertes par une couverture optimale du sol ; à les compenser par la restitution des déchets ou l'apport d'engrais verts ou animaux ; à substituer le petit élevage à l'élevage bovin (INCRAE, 1978). Leur mise en œuvre requiert un minimum de technicité et de moyens dont la paysannerie amazonienne est malheureusement trop dépourvue. Il manque également de structures et de personnels aptes à les vulgariser.

Parmi tous les systèmes d'exploitation, l'élevage bovin extensif est celui qui endommage le plus les sols et affecte l'écosystème amazonien le plus radicalement. Les pâturages proches du CIJH offrent l'exemple de la dénaturation des profils par compactage et gleyfication (1) qui a été observée déjà ailleurs, en Equateur notamment. La perte de fertilité qui en résulte n'est pas sensible il est vrai aux analyses physico-chimiques, parce que les témoins pris sous forêt sont déjà au niveau  $\Sigma$  des paramètres. Des tests biologiques en rendraient peut-être mieux compte. Mais faut-il à tout prix démontrer ce que l'observation indique et qui n'est masqué que par la fuite en avant ? Le mythe pastoral menace l'Amazonie d'une extension indéfinie de savanes stériles.

*Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 7 août 1987*

(1) Cf. Annexe 3.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), TAVERNIER (R.), 1972. — Soil survey. *In* Soils of the humid tropics. National academy of Sciences, Washington, 17-44 avec carte.
- Commission de Pédologie et de Classification des Sols (C.P.C.S.), 1967. — Classification des sols. Laboratoire de géologie-pédologie de l'E.N.S.A. Grignon, *multigr.* 87 p.
- FAO-UNESCO, 1971. — Soil map of the World, 1/5 000 000. Paris.
- GENTRY (A.) y LOPEZ-PARODI (J.), 1983. — Deforestación e incremento de las inundaciones del alto Amazonas. *In* *Amazonia indígena*, ano 4, n° 7, Ed. Copal, Lima : 20-22.
- Instituto Nacional de Colonización de la Region Amazonica Ecuatoriana (I.N.C.R.A.E.), 1978. — Seminario sobre manejo de sistemas ecológicos y alternativas de producción agro-silvo-pastoril. Pub. n° 004, Quito.
- MILLER (E.V.) and COLEMAN (N.T.), 1952. — Colloidal properties of soils from Western South America. *Soil Sci. Soc. Proceed.* : 239-244.
- Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (O.N.E.R.N.), 1976. — Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la selva. Zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Lima.
- RADAM-BRASIL, 1977. — Levantamento de recursos naturais : mapas exploratorios de solos. Rio de Janeiro.
- SANCHEZ (P.), BUOL (S.W.), 1974. — Properties of some soils of the Upper Amazon Basin of Peru. *Soil Sci. Amer. Proc.*, vol. 38 : 117-121.
- SANCHEZ (P.), BANDY (D.E.), VILLACHICA (J.H.), NICHOLAIDES (J.J.), 1982. — Amazon basin soils : management of continuous crop production. *Science*, vol. 216 : 821-827.
- SANCHEZ (P.), VILLACHICA (J.H.), BANDY (D.E.), 1983. — Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *In* *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47 : 1171-1178.
- SOMBOEK (W.G.), 1966. — Amazon soil. Wageningen.
- SOURDAT (M.) y CUSTODE (E.), 1986. — Paysages et sols de l'Amazonie équatorienne entre la conservation et l'exploitation. Actes du Colloque « Ecuador 1986 », Quito, Paris, à paraître.
- SOURDAT (M.), 1986. — Les sols de l'Amazonie équatorienne : situation, nature, perspectives d'exploitation. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.* vol. XXII, n° 4 : 409-428.
- TRICART (J.), 1974. — Existence de périodes sèches au Quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines. *Rev. Geomorphol. dynam.* XXIII, n° 4 : 145-158.
- TYLER (E.J.), BUOL (S.W.), SANCHEZ (P.), 1978. — Genetic association of properties of soils of an area in the Upper Amazon Basin of Peru. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, vol. 42 : 771-776.
- U.S.D.A. Soil Survey Staff, 1975. — Soil Taxonomy agriculture hand book. Washington.
- VEILLON (L.), 1986. — Rapport de mission (10 août-7 oct. 1985), Iquitos (Pérou) : résultats scientifiques, rapport provisoire, *multigr.* 37 p. avec cartes. O.R.S.T.O.M. Cayenne.

## ANNEXES

## ANNEXE 1 — Profil AY 6

Amazonie péruvienne — AMPIYACU — ESTIRON — niveau intercalé entre la terrasse arasée cultivée et les collines, au NE d'Estiron — sous forêt primaire avec litière de feuilles abondantes et réseau de racines crépues sur 5 cm.

0-3 Horizon très humifère (5,6 % M.O.) contenu dans le crépu des racines. Brun-rouge (5YR3/4). Bien aéré avec de nombreux lombrics.

3-35 Horizon humifère (1,6 % M.O.) avec racines encore nombreuses. Argileux avec sables fins, meuble, friable. Sous-structure nuciforme dans un ensemble massif. Brun-rouge 5YR4/6.

35-80 Idem moins humifère.

80-220 (La fosse atteint 120 cm ; on a sondé pour atteindre 220 mais la structure n'est plus observable). En haut, argileux avec sables fins, plus compact et collant. La couleur rouge (2,5YR4/8) reste remarquablement vive et uniforme sans taches ni marmorisation. (La fosse remplie par une averse s'est drainée rapidement.)

## ANNEXE 2 — Profil JH 15

Amazonie péruvienne — JENARO HERRERA — Sous boqueteau résiduel face au Centre de Recherches — sur la haute terrasse disséquée — juillet 1984.

En surface, beaucoup de bois mort et de feuilles. La litière comporte une couche de feuilles sèches puis des strates de feuilles de plus en plus morcelées et décomposées, progressivement associées à un lacis de radicelles dont une partie est dressée verticalement, lacis de plus en plus dense au travers duquel il faut découper une fenêtre pour accéder au sol proprement dit.

0-5 All. Horizon minéral humifère (8 % M.O.), argilo-sableux, grumeleux à granulaire, très friable. Matières minérales et organiques ne sont que très partiellement associées ; d'où l'aspect hétérogène : grains et glomérules jaunes x brun-gris (5YR3/4 x 7,5YR4/4).

5-20 A12. Horizon minéral humifère (4,0 % M.O.), argilo-sableux, bien structuré en éléments nuciformes grossiers ou moyens mais friables, gris et bruns (5YR3/4 x 7,5YR5/6 x 10YR5/6).

20-80 AB. Horizon minéral, ponctuellement humifère (1,7 % M.O.) avec quelques racines et radicelles. Jaune (10YR5/8), argilo-sableux, plus ferme que A12 mais friable, peu plastique, non collant.

80-160 B. Horizon minéral argilo-sableux massif mais poreux, friable, peu plastique ni collant, brun rosé (5YR5/6) avec quelques amas blancs.

160-220 BC. Horizon minéral compact, argileux, ferme (de + en + en profondeur), non humifère, rouge taché de blanc (2,5YR5/6), contient de nombreux quartz ovoïdes, luisants.

## ANNEXE 3 — Profil JH 16

Sous pâturage naturel piétiné par les buffles à 30 m du boqueteau où est JH 15. Les buffles poinçonnent le sol, le pétrissent et y pratiquent des baignoires.

En surface, il n'y a rien que l'herbe au travers de laquelle on voit le sol nu et lisse.

0-5 Ag1. Humifère (6,4 % M.O.) argilo-sableux, brun-gris délavé avec quartz apparents, avec des auréoles gris-brun foncé sans contours et mouchetures rouilles le long des racines : 10YR3/2 x 2,5YR/2. Massif, friable à sous-structure polyédrique, très poreux. Contient du charbon de bois.

5-8 Ag2. Humifère (3,2 %) argilo-sableux, interposé irrégulièrement, très décoloré : jaune délavé (2,5Y6/4) avec des zones rouilles (5YR5/8), surtout au contact de l'horizon suivant. (Un rapprochement d'échantillons fait apparaître plus frappant le contraste entre les teintes vives, saines, des horizons naturels de JH15 et les teintes délavées, ternes, « pathologiques » des horizons correspondants de JH16).

8-60 ou 080 A3. Humifère (2,5 M.O. entre 8 et 20 cm), argilo-sableux jaune (10YR5/6) massif à éclats polyédriques, poreux, friable.

80-160 B. rouge (5YR5/8) argileux.

160 apparition de BC bariolé de blanc.

ANNEXE 4 — Profil AY 25

Amazonie péruvienne — Ampiyacu — sous recrû forestier de 13 ans en arrière d'ESTIRON (purma de Manuel) sur la terrasse d'arasement exondée. Décembre 1982.

Surface plane avec damier de baignoires remplies d'eau (anciens chablis). Litière de feuilles et brindilles morcelées.

0-2 A11. Très argileux, très humifère, gras, associé à un lacs de radicelles brun-noir délavé.

2-40 A12. Humifère, très argileux, jaune (7,5YR5/6) associé à un réseau de racines traçantes : les plus grosses entre 02 et 20 cm, ménageant des tunnels remplis de terre humifère (3,9 % M.O.) légèrement gleyfiée. Structure polyédrique tourmentée (pralines) et transition graduelle à partir de 30 cm.

40-70 B. Très argileux, beige-rouge (5YR5/6), racines et radicelles rares, massif avec sous-structure en pralines, présentant quelques faces luisantes.

70-220 Plinthite argileuse progressivement argilo-limono-sableuse, tachetée gris-jaune (2,5YR7/2) avec amas rouges (IOR4/8), friables sans contours, qui s'écrasent en colorant les doigts. Massif et sec bien que les horizons superficiels soient détremés. Au fond, amas ocres.

ANNEXE 5 — Profil JH 5

Amazonie péruvienne — JENARO HERRERA — FIERROCANO en contrebas du talus. Sous forêt de bas-fond avec mélange de dicotyledones et de palmiers (ungarahui) avec quelques aguajes. Au débouché de la « quebrada » sur la terrasse.

En surface, 1 cm de litière de feuilles.

0-3 Horizon organique Ao. Couche horizontale de racines et radicelles entrecroisées se séparant aisément du reste.

3-12 A1. Horizon minéral humifère brun-rouge foncé (5YR3/2), irrégulièrement et fortement tacheté ou moiré gris x olive x brun, faiblement structuré.

12-55 A2. Horizon minéral podzolisé avec pseudo-gley, décoloré gris (10YR6/2) avec de petites taches jaunes (10YR6/8) et aussi des taches marrons de matière organique (10YR4/2). Structure massive, perméable, doit se ressuyer rapidement, peu de racines.

55-80 Bhg. Horizon de sable moyen avec légère accumulation organique et/ou ferrugineuse. Structure massive. Humide avec résurgence d'eau à la base. Peu de racines. Moirures brun-rouge foncé (75YR3/2).

80-110 Horizon minéral sablo-argileux peu perméable avec gley, gris (25Y5/4) avec taches larges, marron (10YR4/3) de M.O. Structure massive très légèrement indurée.

Dans ce niveau, des troncs d'arbres et de nombreuses racines verticales ou horizontales.