

Les paysages pédologiques de l'Amazonie vénézuélienne

Michel GAVAUD, Philippe BLANCANEUX, Didier DUBRŒUCQ (1) et Michel POUYLLAU (2)

(1) Pédologues, ORSTOM (2) Géographe du Centre d'Etudes de Géographie tropicale de Talence (CEGET) C.N.R.S.

RÉSUMÉ

L'Amazonie vénézuélienne présente, sur des roches acides et sous un climat équatorial, une succession de surfaces d'ablation et d'altération. Les sols s'y répartissent en six ensembles successifs : des dalles siliceuses, des ferrallites indurées sur modelé polyédrique, des ferrallites nodulaires sur modelés polyconvexes, des ferrallites acides et humifères de plaine, des podzols. Chaque ensemble est considéré comme un corps pédologique possédant des structures hiérarchisées, une constitution minéralogique et chimique définie, des formes et des limites spécifiques ou significatives. Des corrélations portant sur l'Amérique du Sud et l'Afrique démontrent la généralité de cette succession, représentative de la pédogenèse depuis la fin du Mésozoïque jusqu'au Pleistocène.

MOTS-CLÉS : Géographie des sols — Amérique du Sud — Surfaces — Sols ferrallitiques — Sols lessivés tropicaux — Podzols tropicaux.

RESUMEN

LOS PAISAJES PEDOLOGICOS EN EL TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS DE VENEZUELA

El Territorio Federal Amazonas de Venezuela presenta una sucesión de superficies de erosión y alteración en rocas ácidas y bajo un clima ecuatorial. Los suelos se reparten entre seis conjuntos sucesivos : mesas silíceas, lateritas acorazadas con un modelado poliédrico, lateritas nodulares con un modelado policonvexo, suelos ferralíticos ácidos y humíferos en llanuras, spodosoles. Se considera cada conjunto como una entidad edafológica con estructuras jerarquizadas, con una constitución mineralógica y química definida, con formas y límites específicas o significativas. Correlaciones con América del Sur y con África demuestran la generalidad de esta sucesión representativa de la pedogénesis desde el fin del Mesozoico hasta el Pleistoceno.

PALABRAS CLAVES : Geografía de los suelos — América del Sur — Superficies — Suelos ferralíticos — Suelos lixiviados tropicales — Podsoles tropicales.

ABSTRACT

THE SOIL LANDSCAPES IN THE VENEZUELAN TERRITORIES OF AMAZONIA

Venezolan Amazonic Territories present successive erosional and weathering surfaces on acidic rocks and under equatorial climate. Soils divide between six consecutive sets : silicic rocklands, hardened lateritic pans on polyhedric landforms, nodular laterites on polyconvex landforms, acidic and humic ferralitic soils on plains, spodosols. Each set is viewed as a pedologic entity with hierarchical structures, definite mineralogical and chemical composition, specific or significant forms and limits. The succession generality is demonstrated by correlations with Africa and South America. It represents a pedogenetic trend from late Mesozoic to Pleistocene.

KEY WORDS : Soils distribution — South America — Surfaces — Ferralitic soils — Tropical leached soils — Tropical podzols.

1. PRÉAMBULE

Les données de géographie des sols de l'Amazonie vénézuélienne sont extraites d'une cartographie au 1/250 000^e réalisée de 1978 à 1981 par une équipe de pédologues ORSTOM, d'ingénieurs du Ministerio del Ambiente (MARNR), complétée par un géographe du CEGET (Bordeaux) (1).

Le territoire fédéral d'Amazonie s'étend entre les latitudes 1° et 6° N. Vers le sud le climat y varie du tropical humide à l'équatorial pluvieux (KÖPPEN : Ami à Afi), la pluviosité de 2 200 à 3 700 mm/an, l'excès hydrique (système USDA) de 500 à 1 960 mm/an. Le substratum, précambrien, est formé de roches plus ou moins acides, dans lesquelles dominent les granites, les gneiss et les migmatites. Deux ensembles relativement limités de synclinaux sédimentaires et pyroclastiques, également très siliceux, s'intercalent dans les granitoïdes. La géomorphologie (MICHEL, 1983) se résume à une imposante succession de surfaces d'altération et d'ablation, étagées entre 2 000 et 70 m d'altitude, surimposées ou adaptées à de grands blocs produits par une tectonique cassante. Les formes d'accumulation, que nous ne décrivons pas, se réduisent à d'étroits couloirs alluviaux autour des grands fleuves, l'Orenoque drainant vers le nord, le Guainia (Rio Negro) drainant au sud vers l'Amazone, les deux réseaux étant connectés par le Casiquiare. La forêt dense sempervirente couvre presque tout, en dehors des sols très acides et siliceux où elle est remplacée par des savanes herbacées et ligneuses très spécialisées, ou encore des sommets, où elle cède la place à des bois clairs semi-décidus et à des savanes herbeuses pyrophiles. En dehors de quelques très petits centres urbains le territoire n'est occupé que par une population clairsemée d'agriculteurs-chasseurs itinérants et a conservé son intégrité naturelle.

2. HYPOTHÈSES DE TRAVAIL ET NOMENCLATURES

Les sols sont décrits et répertoriés par points, profils ou sondages, identifiés par leur surface, cartographiés par les textures correspondantes des images aériennes. L'évaluation statistique de cette procédure n'est pas économiquement acceptable en cartographie d'inventaire faute de disposer de points suffisamment nombreux à répartition aléatoire. La vraisemblance et l'homogénéité des unités cartographiques ne peuvent dès lors être garanties que par les règles de la géographie et de l'analyse structurale des sols (BOULET, 1982). Les pre-

mières sont des relations empiriques entre les facteurs et leurs expressions édaphiques et paysagiques. Les secondes peuvent être énoncées ainsi, à titre d'hypothèse de travail : la couverture de sols est modélisable par un nombre fini de volumes ; ces derniers se regroupent en ensembles distincts, ordonnés par emboîtement et juxtaposition, correspondant à des échelles de différenciation du paysage successives. Elles conviennent bien au domaine amazonien, très structuré, et à notre niveau d'étude qui privilégie les variables qualitatives. Les points d'observation sont alors groupés par sites correspondant chacun à un élément complet du paysage. On estime que la conjecture est vérifiée si on n'obtient pas d'informations nouvelles dès lors que chaque niveau a été inventorié une fois, que son diagramme bidimensionnel a été obtenu. Ce dernier est en effet trop compliqué pour que sa reproduction en d'autres sites soit le fait du hasard. Pratiquement ce contrôle a été rendu possible parce que la prospection s'est faite par secteurs logistiques indépendants de la géographie des sols et autorisait ainsi les répétitions de sites homologues. En fin de travail il est possible de calculer la surface probable ayant échappé aux observations et pouvant avoir une répartition aléatoire, ici de l'ordre de 4 % du total (Annexe).

Les plus petits volumes de la couverture pédologique utilisés sont des horizons. Leur nomenclature est celle, aménagée, de la *Soil Taxonomy*. Leur liste est courte :

- Epipédons organiques noyés : *Histic* et ses variétés *Folic*, *Hémic*, *Sapric*.
- Epipédon organique drainé : horizon 0 « humique » forestier, siège du recyclage direct de la biomasse (R. HERRERA, 1978), à très fins agrégats pris dans un treillis de racines fibreuses.
- Epipédons organo-minéraux : *Umbric*, *Ochric*.
- Horizon AB de transition, dit « Ochric retomado » (i.e. bioturbé) : horizon orique jaune ou rouge pâle contenant entre 1 % et 2 % de matière organique indécelable qualitativement, à agrégats millimétriques.
- Horizons d'accumulation organique et organo-minérale : *Sombric*, *Spodic*, *Placic*.
- Horizons minéraux ferrallitiques : *Oxic*, *Plinthic*.
- Horizons minéraux à déficit d'argile : *Albic* et « éluvié ». La définition du premier permet de l'assimiler à l'horizon E des podzols, à argile détruite par acidolyse. Le second est l'horizon lessivé A2 ordinaire.
- Horizon d'accumulation d'argile : *Argillic*, toujours acide, monosiallitique, parfois à nodules de pseudogley.
- Horizons cambiques à régime hydrique *Aquic* ou *Peraquic* : gley (engorgement durable, dépôts ferrugi-

(1) Les participants sont les suivants : pour le M.A.R.N.R. MM. Araujo J., Hermoso F., Hidalgo R., Moya P., Sanchez V., pour l'ORSTOM : MM. Blancaneaux Ph., Dubrœucq D., Gavaud M., pour le CEGET : M. Pouyllau M.

neux pelliculaires fugaces) et pseudogley (engorgement temporaire, taches et nodules ferrugineux permanents), selon VIZIER (1974).

— Horizons C : saprolite argilisée et régolite à minéraux résiduels.

Le volume suivant correspond en plan à une « unité de terrain », en coupe, à un étage du profil topographique, en volume à un ensemble des mêmes horizons identiquement disposés, à une toposéquence, à la plus petite « unité dynamique ». Elle se subdivise, plus ou moins naturellement, en éléments correspondant en plan, à la facette, en coupe, au segment de pente ; en volume, au « génon » (BOULAIN, 1975) ou au « segment » de BEAUDOU et CHATELIN (1977). C'est à ce niveau qu'intervient l'étiquetage au moyen des pédons de la *Soil Taxonomy*.

La succession de plusieurs étages, dans le cas général, reconstitue la coupe de la « forme élémentaire de terrain », par exemple une colline ferrallitique, un glacis, un petit interfluve. En plan, ses éléments, facettes et unités de terrain, composent un « motif » caractéristique, hectométrique ou kilométrique, base de l'analyse texturale des images. C'est, en volume, l'unité dynamique au sens commun du terme.

Le motif ne se reproduit que par juxtaposition répétitive composant des « mosaïques » spécifiques du « type de relief » (*land system*) déca-kilométrique. La juxtaposition, simple ou elle-même composée, de mosaïques analogues engendre le « type de paysage » (*land region*) correspondant à des surfaces d'altération et d'érosion.

A plus petite échelle, correspondant à un minimum de 300 km, l'ordre réapparaît dans un étagement des paysages dont la généralité, établie par des similitudes intra et intercontinentales, tient à une histoire commune de l'écorce et des climats initiée au Mésozoïque (BECKMAN, 1984). Dans son état actuel cette succession, qui servira de cadre à l'exposé, est la suivante : des plateaux rocheux, une haute pénéplaine ferrallitique à relief polyédrique, une suite de paliers polyconvexes, une plaine dite d'altération à sols jaunes humifères, une plaine à résidus siliceux podzolisés.

La série ne sera détaillée que sur les granitoïdes où elle est complète, alors qu'elle est très lacunaire sur les formations sédimentaires. Chaque élément en est présenté comme un corps naturel, avec les limites et une extension significatives, avec les particularités que nous croyons nécessaires à leur caractérisation et à la corrélation. Contrairement à l'usage, les données pédoclimatiques et biotiques sont données *in fine*, car dans d'aussi vieux sols ce sont plutôt des résultantes.

3. LA HAUTE SURFACE ROCHEUSE SUR GRANITES

Les hautes surfaces culminent par des tables et des pics escarpés à surface dénudée et ciselée par des-

quamation et dissolution, à taches de sols organiques acides, à végétation pré-montagnarde.

3.1. Extension, limites, topographie

Elle n'occupe que des surfaces réduites dispersées à proximité des grands accidents linéaires qui bordent ou brisent les horsts ferrallitisés. Elle est formée soit de plateaux, soit d'inselbergs géants isolés ou en chaînes. Les premiers, atteignant 200 km², sont des bastions flanquant les grandes tables gréseuses. Leur altitude, entre 1 025 et 1 750 m, les situe au niveau de l'aval de ces dernières (950-1 600 m) et à 200 m en moyenne au-dessus de la haute surface cuirassée. Leurs escarpements, de 300 à 800 m, offrent de spectaculaires reculées en cirques de 5 à 8 km de diamètre. Leur surface, plate ou entaillée par de courts versants, est un pseudo-karst creusé de vasques et hérissé de champignons métriques, guilloché par un lapiaz décimétrique. Les chaînes, longues et étroites (ex. : 80 × 5 km), dominent les crêtes de grands interfluves cuirassés. Elles sont assimilées aux plateaux parce que leurs sommets, situés entre 1 200 et 1 500 m, sont parfois en tables lapiazées. Leurs parois, verticales ou convexes, lisses ou profondément cannelées (BLANCANEUX, 1977), sont celles de tous les inselbergs amazoniens, mais avec des dénivelées de l'ordre de 500 m.

3.2. Roches, altération (DUBRŒUCQ, 1986)

Les roches, de composition acide à grano-dioritique, ont hérité de la granitisation d'un matériel arénacé, la texture granophyrique, du quartz abondant en phénocristaux globulaires et corrodés, un mode de gisement stratoïde. Une silicification superficielle a produit du quartz secondaire fissural ou en microscristaux dans les feldspaths et les biotites. La communauté d'origine avec les grès-quartzites se serait prolongée par celle du comportement : dissolution lente mais complète avec pseudo-karst et sans régolite, quartzification secondaire protectrice.

3.3. Sols, climat, végétation

Le climat humide et frais, avec 2 000 à 3 300 mm de précipitation et une température moyenne de 18° C (régimes calculés *udic*, *perudic*, *isothermic*), ainsi que l'imperméabilité des substrats donnent, dans les cuvettes des plateaux, des tourbes acides de feuilles (*Lithic Tropofolist* et *Tropofibrist*) associées surtout à des tapis de Broméliacées, à de petits bois clairs d'arbres mousus à échasses.

3.4. Corrélation

Ces reliefs sont les témoins probables de la pénéplation des grès et des granites encaissants après une épirogenèse cassante. Ils ont ainsi les caractéristiques

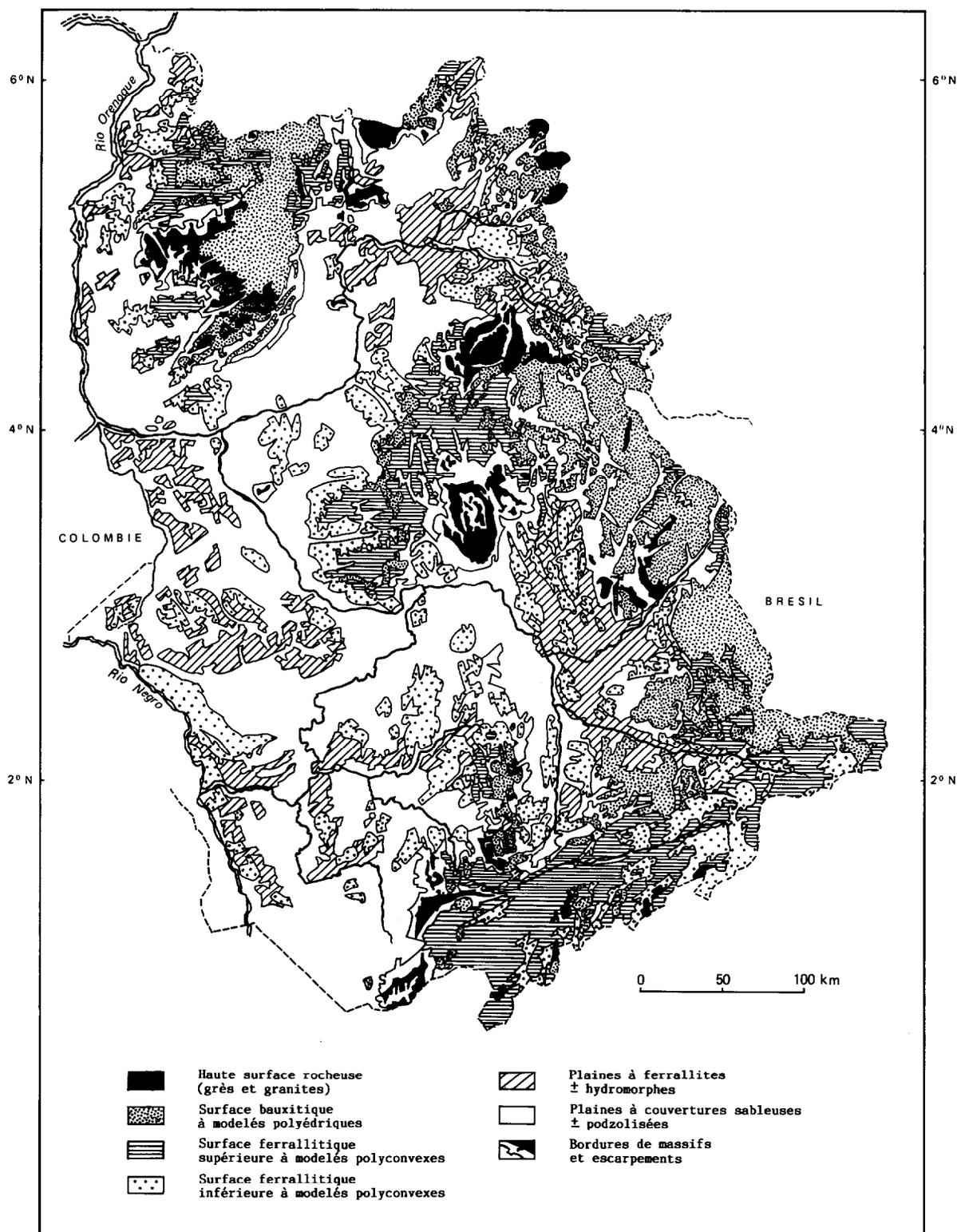


FIG. 1. — Les paysages pédologiques de l'Amazonie vénézuélienne

et la même origine que les surfaces dites de Gondwana, formées au plus tard au début du Mésozoïque (BECKMAN, 1985) : extension locale, absence d'altérite, cotes supérieures de peu aux ferrallites, aplanissement succédant à un début de bombement et d'ouverture de l'écorce. Au Cameroun, par exemple, les reliefs granitiques correspondants culminent entre 1 400 et 2 000 m et sont fossilisés en un point par des grès continentaux estimés crétaés.

3.5. Autres reliefs rocheux

Les inselbergs qui parsèment les plaines sont, à cause de leurs dimensions (cotes 270 à 590 m, dénivelées de 50 à 475 m) et de leur encaissement dans les ferrallites, considérés à la fois comme des témoins d'hypothétiques pénéplanation précédant les modelés polyconvexes et comme des noyaux résistants attestant de la puissance et du déblaiement des altérites. Sur les faces, verticales ou en dômes, diverses formes de desquamation et de dissolution ont été décrites (BLANCANEUX, 1977) : cannelures, alvéoles et grottes, mini-cirques. La végétation, sporadique, est faite de bosquets (Légumineuses, Guttifères, Bombacacées, Bignonacées), de tapis d'herbacées (*Vellozia*, *Pitcairnia*). Un début d'hydrolyse libère un peu d'arène (*Lithic Troporthent*) et des eaux claires.

4. LA HAUTE SURFACE CUIRASSÉE

La plus haute des surfaces d'altération se définit par un modelé polyédrique, par une minéralogie allitique à ferrallitique, par une séquence de végétation allant de la forêt dense au bois clair et aux savanes pyrophiles.

4.1. Le type de paysage

4.1.1. EXTENSION, LIMITES

La vieille surface forme encore un seul bloc, long de 500 km et large de 100, dominant le grand arc de la boucle du haut Orenoque entre le bassin Amazonien au sud et la dépression des llanos au nord. Elle est fortement isolée par des bordures conformes à des lignes de fracture du socle, consistant soit en escarpements raides hauts de 350 à 600 m à base altérée et sommet rocheux, soit en panneaux à pente générale assez forte (10-13 ‰), incisés mais altérés, suggestifs de basculement locaux en bordure de graben. Le réseau hydrographique ne pénètre qu'en franchissant chutes et rapides.

4.1.2. TOPOGRAPHIE

L'altitude est comprise entre 1 000 et 1 400 m et les pentes générales entre 0,1 et 0,5 %. Le raccord avec la haute surface rocheuse a été observé localement (haut Ocamo) sous la forme de longs versants indurés. Partout

ailleurs le relief est fait de groupes de collines de hauteur médiocre (80-235-400 m), aux pentes raides (20-50 %). Le profil de chacune est de type polyédrique, réunissant deux ou trois sections linéaires successives. Le réseau hydrographique est très dense, avec un axe en moyenne tous les 500 m. Il s'enfonce dans de petites vallées en V, guidées par des diaclases et des fractures, dessinant un maillage fin en chevrons, en arêtes de poisson.

4.1.3. ALTÉRATION

Le manteau d'altération est continu, exception faite de quelques crêtes rocheuses allongées hectométriques et d'affleurements métriques dans les thalwegs. Sur un sondage de 8 m, il présente de bas en haut une saprolite tachetée, un structichron (oxique rouge), une cuirasse aluminoferrugineuse. La minéralogie est qualitativement invariable : beaucoup de gibbsite, de la goëthite alumineuse, de la goëthite, un peu de boehmite, d'hématite (cuirasse), un peu de kaolinite. Ce n'est qu'en bas de pente, au voisinage du front d'altération, que l'on note davantage de kaolinite, de la gibbsite, de la goëthite, du quartz, des traces de minéraux altérables (feldspath) mais pas d'oxydes déshydratés.

4.1.4. LES SÉQUENCES

On observe le plus souvent deux étages linéaires sur le versant, séparés par une rupture cuirassée, et deux banquettes dans la vallée. L'étage supérieur ne porte que le *Petroferric Gibbsi-orthox*, c'est-à-dire un sol ferrallitique fortement désaturé, à cuirasse aluminoferrugineuse. L'étage inférieur est formé en amont du même sol, plutôt gravillonnaire que cuirassé, puis de *Petroplinthic Gibbsiorthox* (sols à nodules) et de *Plinthic Paléudults* (ferrallitiques appauvris à taches) en aval. La banquette la plus haute présente un *Tropeptic Haplorthox* rouge (sol ferrallitique rajeuni), la banquette inférieure un *Tropeptic Haplorthox* jaune. Les alluvions fines récentes font défaut.

4.1.5. LE SOL DOMINANT

Le *Petroferric Gibbsiorthox* couvre 70 % de la surface avec peu de variations à l'échelle du paysage lui-même :

— Horizon 0 humique, sous forêt ou fougères, absent sous savane de graminées ; épaisseur 0,5-35 cm ; noirâtre ; sommet fibreux, base à fins agrégats, à aspect de moder.

— Horizon AI umbrique de 10 à 36 cm ; rougeâtre foncé 5 à IOYR 2-3/2-3 ; argilo-sableux ; finement grenu ; charbon de bois fréquent (savanes) ; pas de traces de ruissellement.

— Horizon B oxique gravillonnaire de 25-40 cm ; rouge 2,5 et 5YR 3-4/6-8 ; argileux ; finement polyédrique ou aliatique ; nodules irréguliers de la cuirasse sous-jacente.

— Horizon B oxique induré ; cuirasse de 0,5 à 1 m ;

massive à volumes rouges (IOR 5/8, hématite) et jaunes (goëthite) ; affleurant en panneaux irréguliers métriques disjoints avec cortex centimétrique blanchi (gibbsite).

— Horizon B oxique, métrique, rouge (5YR 5/8), argileux, à paillettes gibbsitiques, finement polyédrique, passant à la saprolite tachetée à sa base. A l'induration près, cet horizon est identique à la cuirasse.

La haute surface offre un exemple du mode de conservation d'une couverture stable en situation topographique précaire. D'une part les indices de transformation, d'instabilité, de blocage du drainage du sol font défaut : pas d'horizons A appauvris décolorés et compacts, pas de bases d'épipédon moins perméables, pas d'argilanes sauf dans le *Paléudult* de l'aval du second étage, pas de produits ruisselés, pas de chablis. D'autre part les traces d'une destruction lente existent à diverses échelles : étagement topographique, dénudation de volumes indurés ou nodulaires, aspects en loupes de glissement des banquettes, aspects en niches de décollement sur les sommets à savanes, réduction de l'épipédon sur les mêmes sites.

4.2. Les types de relief

Ce sont des variantes topographiques du même étagement pédologique. Elles correspondent à des affleurements homogènes ou à des panneaux fracturés de 50 à 100 km de diamètre. La description ci-dessus s'applique aux deux tiers de la surface, sur granites peu tectonisés, moyens, souvent porphyriques et à biotite. Sur des roches plus alcalines (granite *rapakivi*, grano-monzonite) les collines sont plus hautes (290 m au moins) et escarpées, l'étage supérieur est réduit. Près des bordures, le long de petits graben, des blocs présentent une pente générale plus forte le long de laquelle s'enfoncent profondément un réseau spectaculaire de vallées parallèles, aux crêtes dénudées vers l'amont du panneau, cuirassées vers l'aval, avec des fonds forestiers à sols rajeunis. On peut citer comme exemple un réseau profond de 200 m, long de 20 km avec un espacement de 1,5 km.

4.3. Corrélations

La haute surface a la même situation topographique relative que la « vieille surface » de Guiana (Mc CONNEL, 1966), pré-Tertiaire. A Madagascar le « niveau 1 », estimé Crétacé terminal, offre certaines similitudes (BOURGAT, 1972) : cotes 1 450 à 1 900 m, sols ferrallitiques, replats cuirassés sur de longs versants, réseau hydrographique encaissé (50 m) en « arêtes de poisson ». Il diffère par un modelé en plateaux avec des pentes inférieures à 12 %. Il en est de même du plateau de l'Adamaoua au Cameroun (1 200-1 300 m), supposé fin Crétacé et donc post-Gondwanien (MARTIN, 1970), à sols ferrallitiques plus meubles et plus profondément

aliatiques. Toutefois, près des escarpements qui le limitent, il porte des sols remaniés et indurés plus proches des sols vénézuéliens sur des reliefs en collines (150 m). La surface haute amazonienne appartiendrait ainsi à cet ensemble, avec des effets plus marqués d'une alternance érosion linéaire-cuirassement. Un autre argument pour cette interprétation vient de l'existence de quelques panneaux kilométriques en position de relief inversé (1 075-1 200-1 475 m), en forme de cuvettes cuirassées, à modelé plus adouci, à réseau hydrographique curvilinéaire.

4.4. Climat, végétation, utilisation

Le pédoclimat est de type isohyperthermique udique (1 700 à 2 300 mm de pluies), plus sec et ustique sur les franges nord et est. En fait les réserves en eau utile sont suffisamment faibles (100 mm/m environ) pour être déficitaires périodiquement. Pour s'adapter à cette sécheresse édaphique et au défaut de nutriments (moins de 1 mé de bases échangeables, pH de l'ordre de 5), la végétation adopte une disposition étagée d'espèces spécialisées. Sur les sommets cuirassés des bosquets de forêt claire semi-décidue subsistent au milieu de formations ouvertes pyrophiles, fougères et lichens, savanes graminéennes à *Trachypogon*, buissons à Ericacées et Melastomacées. Le second étage gravillonnaire porte une forêt dense mais basse et à troncs grêles, sorte de perchis à Légumineuses et Myrtacées. Les fonds à sols rajeunis nourrissent mieux une forêt haute.

La haute surface est un lieu de refuge, sain et éloigné de la circulation fluviale, pour des noyaux de populations itinérantes de chasseurs-cultivateurs (Yanomami, Maquiritare). Elles s'ouvrent des espaces par le feu, lequel se propage loin des quelques secteurs habités. Les récits de la Conquête permettent de reculer la présence de peuples défricheurs, alors différents (Arawak), jusqu'au XIV^e siècle (COCCO, 1972). L'origine anthropique des formations ouvertes d'altitude peut aussi être confortée par l'identité du solum, (l'horizon humique forestier mis à part), sous savane et sous forêt, par la présence de tessons et de charbons sous savane, par la netteté des lisières. Les botanistes y voient des reliques de paléoclimats quaternaires plus secs, pour des raisons floristiques (HUBER, 1979). L'absence de régénération forestière reste un problème dans les deux hypothèses.

5. LA SURFACE POLYCONVEXE SUPÉRIEURE

Elle est située en position topographique intermédiaire et regroupe des niveaux locaux subhorizontaux à modelé polyconvexe accentué avec altération ferrallitique et couvert forestier.

5.1. Le type de paysage

5.1.1. EXTENSION, LIMITES

Elle est répartie entre des aires disjointes, frangeant

irrégulièrement la haute surface cuirassée. Elle s'étend largement sur des roches plus profondes et migmatitisées ou sur des panneaux effondrés pénétrant le bloc plus rigide des granites. Ainsi elle forme de grands plateaux sur gneiss et micaschistes en amont des bassins des Rios Branco et Negro, atteignant jusqu'à 250 km de long et 50 km de large à la frontière brésilienne (Matapire). Elle forme l'amont de graben (Ocamo, Ventuari, Cuao). Elle présente une autre disposition en paliers successifs s'abaissant entre la haute surface et les plaines sur le haut Cunucunumà. Il existe également des aires isolées de quelques dizaines de kilomètres seulement.

Séparée par un escarpement de 400 à 800 m de la haute surface cuirassée, la surface polyconvexe s'isole, vers l'amont ou entre les grands bassins, sur des accidents linéaires, sans transition. Vers l'aval et dans les petits bassins, elle s'articule plus graduellement par des glacis, suggestifs de l'érosion régressive. L'aval est soit un abrupt (325 m) soit une unité intermédiaire de collines partiellement rocheuses. Sur le haut Cunucunumà ce même aval est fait de glacis à pente générale plus forte (2,7 % contre 0,15 %, soit 400 m en 15 km), à modelé polyédrique adouci et reliefs dénudés plus nombreux.

5.1.2. TOPOGRAPHIE

Elle est faite de plateaux subhorizontaux, d'immenses cuvettes plates à bords légèrement relevés, sur lesquels les collines convexes moutonnent à l'infini. Les pentes générales sont très faibles (1 - 2,5 - 7 ‰), l'aplanissement est meilleur que sur la haute surface. Les altitudes se répartissent par groupes dépendent de niveaux de base locaux ou de paliers de l'aplanissement. Par exemple entre le bassin du Rio Negro (Matapire, Rio Negro) et celui de l'Orenoque (Macava, Ocamo, Matacuni) le contact entre panneaux à collines convexes se fait sur des escarpements linéaires s'abaissant vers l'Orenoque de 50 à 325 m. Souvent des parties plus élevées, à modelé plus accentué, se disposent soit en ovales à l'intérieur de l'ensemble, soit sur l'amont où elles se séparent par un escarpement (200 à 275 m sur le Rio Branco), ou par un secteur à pente générale plus forte (Cunucunumà). Il est intéressant de dresser un catalogue de ces niveaux car ce sont eux qui constituent les « surfaces » le plus souvent décrites sur le bouclier guyanais :

- Bassin du Rio Negro (Amazone)
 - bassin du Rio Branco
niveau 1 : 750-875-1 000 m ; sur gneiss ; séparé par un abrupt de 200-275 m de :
niveau 2 : 500-675-850 m ;
 - bassin du Matapire
niveau 2 : 575-695-780 m ; sur micaschistes ; dominé

par des ovales du niveau 1 ; domine le niveau 2 de l'Orenoque par un abrupt de 50-250 m.

- Bassin de l'Orenoque
 - bassins du haut Orenoque, de l'Ocamo, du Matacuni
niveau 1 : panneaux isolés jusqu'à 900 m ; granites
niveau 2 : 370-450-520 m (Orenoque), 475-567-660 m (Ocamo) ; granites ;
 - bassin du haut Cunucunumà (granites)
niveau 1 : 550-700-850 m ; passe par un glacis à :
niveau 2 : 390-490-590 m ; passe par un glacis à :
niveau 3 : 250-325-400 m ;
 - bassin du Ventuari
niveau 2 : 720-750-825 m ;
 - bassin du Cuao
niveau 2 (?) : vers 600 m ; granites alcalins.

Le profil des collines est convexe, plus raide et escarpé sur les hauts niveaux d'amont (1 et 2), plus arrondi à sommet aplani en aval (niveau 3) :

- collines amont : diamètre 400-600 m, dénivelée 50-250 m, pentes de 8 à 70 % (modales 20-40 %) ;
- collines aval : diamètre 250-500 m, pentes 20 à 35 %, dénivelées de 25 à 90 m.

A partir du sommet, un peu aplani, à sols cuirassés ou gravillonnaires, à forêt instable (chablis), les flancs convexes et densément boisés plongent sur une petite banquette (ex. : + 2 m, pente de 15 %) qui domine une étroite vallée au tracé curviligne caractéristique. Les collines plus hautes de l'amont peuvent avoir un sommet rocheux ou saprolitique, surtout sur les bordures ou les glacis de raccordement.

5.1.3. ALTÉRATION

Sur ces surfaces s'est développé un manteau d'altération ferrallitique dont seules les couches supérieures rouges ont été observées : kaolinite, gibbsite, goéthite alumineuse en constituent les principales composantes minéralogiques. Le « rajeunissement » affecte le pied des collines et parfois leur sommet.

5.1.4. LES SÉQUENCES

Elles réunissent des *Petroplinthic Haplorthox* (ferrallitiques désaturés remaniés à nodules ferrugineux) sur les versants à des *Petroferric Haplorthox* (cuirassés) sur les crêtes et à des *Tropeptic Haplorthox* (rajeunis) en bas de pente.

5.2.5. LE SOL DOMINANT

Le *Petroplinthic Haplorthox* présente en surface un horizon humique centimétrique de racines fibreuses sous lequel une couche millimétrique de sables grossiers décèle une certaine érosion superficielle. L'horizon A est relativement mince, de moins de 15 cm, brun (IOYR 4/2-6), relativement riche en sables quartzueux fins propres, en nodules « remontés » surtout par les chutes d'arbres,

en agrégats fins argilo-humifères, grumeleux et très poreux et très poreux. Une transition décimétrique amène un horizon B oxi que jaunâtre (7,5 et IOYR 5-7/6/8), à nodules rouges, argileux, massif et plastique. Cet horizon est rouge en position sommitale (2,5 YR 5/8), à structure polyédrique, riche en nodules et blocs de cuirasse. Il est plus argileux en bas de pente, moins nodulaire, avec des minéraux altérables, feldspaths et micas, à faible profondeur. Les taux de matière organique sont moyens, l'acidité et la désaturation extrêmes, les réserves en bases échangeables quasi nulles, celles d'eau médiocres.

5.2. Les types de relief

La géométrie des collines est lithodépendante : contours elliptiques sur granites, étirés sur gneiss, section aplatie sur granites alcalins, d'où l'individualisation de vastes panneaux à textures Radar distinctes, qui s'ajoutent à ceux que la variation générale topographique vers l'aval différencie. La conservation de la couverture de sols varie également par blocs et se manifeste d'une part dans l'épaisseur moyenne du solum et d'autre part par l'importance des signes liés au ruissellement sous litrière et à une localisation plus superficielle du régime hydrique. Ainsi, dans le bassin du Matapire (niveau 2), sur micaschistes, la saprolite peut affleurer du pied des collines à la base de la convexité sommitale, ou se situer en moyenne à 140 cm de profondeur seulement. En même temps on observe des horizons A très minces (4 cm), un horizon de transition AB relativement compact, une forêt plutôt grêle à chablis étendus. Un autre exemple est celui des collines à sommets rocheux d'un panneau situé à l'aval du paysage dans le graben de l'Ocamo.

5.3. Corrélations

La division d'un paysage polyconvexe en plans altitudinaux multiples est souvent mentionnée. Au Brésil (Radam, Boavista) ce sont le niveau intermédiaire du « Planalto do interfluvio Amazona Orinoco » (600-800 m) à collines convexes puis le niveau du « Planalto dissectado Norte da Amazonia » (plus de 150 m) à modelé adouci, tous deux à « Solos Podzolicos » et « Latossolos », correspondant à des *Petroferric Haplorthox*, *Acrorthox*.

En Afrique la surface du Centre-Cameroun réunit des plateaux à sols ferrallitiques indurés (800 m), puis une zone intermédiaire (700 m) à sols pénévoulés, puis une seconde surface à demi-oranges (600 m) à sols ferrallitiques localement indurés. Le tout est attribué aux « Surfaces Africaines » I (Eocène) et II (Miocène). A Madagascar un « niveau intermédiaire » (1 150-1 700 m) à collines subégales convexes généralisées se répartit entre

des plateaux locaux et précède un « niveau inférieur » (1 300-1 425 m) en paliers étagés présentant des « rajeu-nissements locaux en demi-oranges », le tout attribué respectivement au méso et au fini-Tertiaire. Il est également possible que les témoins de surfaces du bouclier guyanais situés dans la fourchette de 400-700 m appartiennent à ce groupe bien que leur morphologie la plus souvent décrite, en plateaux cuirassés ou bauxitiques, ne soit présente que de façon très limitée sur la bordure de l'ensemble vénézuélien. Citons : les « Early Tertiary Surface » du Surinam (Laly vers 600-700 m, Nassau vers 450-600 m), de Guyana (Kopinang, 600-700 m), de Guyane (SI à latérite bauxitique, 525-600 m), ainsi que la surface « Sul America » d'âge Paléocène à Eocène. Il y a doute quant à l'inclusion dans cet ensemble de la « First Late Tertiary Surface » Miocène de Guyana (400-450 m).

5.4. Climat, végétation, utilisation

Les pédoclimats sont perudiques et udiques (2 500-3 500 mm de pluies) isohyperthermiques, plus secs (ustique) en bordure nord. L'existence de régime hydrique superficiel (BLANCANEUX, 1972-1981) est probable sur les crêtes gravillonnaires où le couvert forestier, par ailleurs haut et dense (30 m), est plus bas (25 m), grêle, instable (chablis). Les rares cultures sur brûlis sont toujours situées sur les sols rajeunis de bas de pente.

6. LA SURFACE POLYCONVEXE INFÉRIEURE

Elle est constituée d'un ensemble extrêmement fragmenté de plusieurs groupes de collines en demi-orange dispersés sur les hauts de la plaine générale.

6.1. Le type de paysage

6.1.1. EXTENSION, LIMITES

En amont des plaines de l'Orenoque, du Ventuari, du Padamo et sur les interfluves du bassin du Casiquiare les demi-oranges se disposent en massifs de 1 à 50 km de diamètre, à contours elliptiques, rarement polygonaux. Plus en aval elles s'éparpillent en essaims de buttes résiduelles.

Un escarpement le plus souvent, un glacis à modelé polyconvexe mais à pente générale plus forte parfois (Cunucunumà), font limite avec la surface supérieure. Sur la plaine d'altération le contact est soit direct et linéaire, de nature lithologique, soit étiré avec l'apparence d'un chanfrein d'érosion. Dans le premier cas la limite se moule sur les ovales d'un front de granitisation (CHOUBERT, 1957), isolés dans des migmatites aplanies, quelquefois (Rio Negro) sur les panneaux rectangulaires de granites porphyriques plus anciens. Dans le

second cas le massif s'aurole de croupes très basses (10 m), à sols néanmoins profonds, qui à leur tour se prolongent sur le plancher de la plaine par des dômes fossiles de saprolite kaolinisée. Avec la plaine d'érosion le contact est le plus souvent de ce type et produit des franges, des groupes de taches circulaires hectométriques plus boisées, reproduisant en plan le motif des demi-oranges, mais présentant tous les intermédiaires entre le relief ferrallitique bien conservé, la tache de saprolite à ultisols et podzols, le chicot rocheux. Un aval d'une troisième sorte a été décrit en quelques points du nord du territoire sous la forme de courts glacis cuirassés, linéaires, hectométriques à kilométriques, sur granites en général (niveau + 30 m du Ventuari et de l'Orenoque), parfois sur roche basique (niveau + 50 m de Manapiarés). Pour des raisons de contexte climatique et de proximité, ils pourraient être homologues des cuirasses des pédiments et des glacis des zones à saison sèche très marquées du Venezuela.

6.1.2. TOPOGRAPHIE

Chaque massif s'inscrit dans un cône surbaissé irrégulièrement centré sur un ombilic de reliefs partiellement rocheux de sorte que les dimensions des demi-oranges décroissent vers la périphérie et se situent dans une large fourchette : 250 à 600 m de diamètre, 30 à 100 m de hauteur (le plus souvent entre 40 et 60 m). Dans un même bassin les sommets de l'ensemble des massifs tangentent des plans s'abaissant plus vite que la plaine vers le thalweg. On a par exemple mesuré une pente générale des crêtes de 0,22 % sur 90 km à l'ouest du Rio Negro, contre 0,08 % pour la plaine d'altération.

Une demi-orange moyenne présente en bas une entaille étroite (25 m) atteignant souvent la roche, puis un petit ressaut (+ 2 m) et la pente inférieure fortement convexe (40-25 %), enfin un knick à blocs cuirassés et la pente convexe supérieure s'adoucisant vers un sommet arrondi (15-5 %). Le réseau de drainage dessine une texture maillée caractéristique, s'effaçant vers les bordures du massif où l'entaille est remplacée par une dépression plate élargie au même niveau que la plaine générale d'altération, ou, souvent, griffée de sillons et de cuvettes décimétriques à métriques au contact de la plaine d'érosion.

Les reliefs convexes très plats (lomas) qui localement fragment les massifs de demi-oranges ou s'y substituent sur les aires de contact n'ont pu, que rarement, faire l'objet de mensurations systématiques, étant en deçà de la précision altimétrique du radar : hauteurs de 8-20 m, diamètres de 100 à 1 000 m, pentes inférieures à 10 %, cotes un peu plus basses de 80-95-130 m (Rio Negro).

6.1.3. ALTÉRATION

Le manteau d'altération est continu en dehors des

dalles des ravines et de l'ombilic rocheux central. Il a été décrit en bordure du Rio Negro :

— 15 m de saprolite (isoaltérite) à kaolinite bien cristallisée, restes d'illite, quartz grossier (granite porphyrique).

— 5 m formé à la base d'une plinthise (rétichon) puis de couches rouges (structichron), à kaolinite mal cristallisée ou altérée, gibbsite, goethite alumineuse, quartz grossier. Au sommet blocs et nodules de cuirasse à hématite et boehmite, outre les minéraux précités. Le quartz devient fin dans l'épipédon.

L'horizon à nodules et blocs (glebulaire) est extrêmement variable dans son développement qui paraît se renforcer sur les bordures de la formation, comme à San Carlos (Rio Negro) où il se présente comme une bauxite nodulaire en position topographique équivalente de celle des glacis cuirassés précités.

6.1.4. LES SÉQUENCES

La plus fréquente réunit des *Petroplinthic Haplorthox* rouges en crête (ferrallitique très désaturé remanié à nodules), des *Petroferric Haplorthox* sur le knick (remaniés cuirassés), des *Typic Haplorthox* jaunes sur la pente, des *Tropeptic Haplorthox* jaunes en bas de pente (rajeunis).

6.1.5. LE SOL DOMINANT

Le *Petroplinthic Haplorthox* réunit :

— rarement un horizon 0 humique, lequel est plus fréquent sur le knick ou le sommet,

— un horizon A de 10-25 cm, brun IOYR 3-5/3-5, argilo-finement sableux, grumeleux,

— un horizon ochrique « retomado » (AB), jaunâtre clair 7,5 ou IOYR 5-6/4-8, un peu organique (0,7-1,5 % de matière organique), massif, fragile mais à agrégats millimétriques, pouvant atteindre 60 cm d'épaisseur,

— un horizon B oxisque jaune, ou jaune à base rouge, ou rouge, de 7,5 YR 6/6 à 2,5 YR 5/8, argileux, à micropeds, de 80 à 200 cm d'épaisseur,

— un horizon de plinthise tacheté (rétichon) et/ou à nodules et blocs de cuirasse rouges ; plus superficiel sur les sommets.

Les données analytiques sont encore celles de sols très acides, désaturés, pauvres en bases, à aluminium échangeable, réserves en eau médiocres, etc.

6.2. Les types de relief

Certains ne sont que des modalités topographiques associés à une roche : demi-oranges rondes ou modérément elliptiques sur granites calco-alcalins à biotite, plus basses et aplaties sur granites alcalins porphyroïdes (Rio Negro), plus étirées et abruptes sur gneiss (Cunucunumà). D'autres sont liés à l'évolution périphérique vers

un modelé adouci. La toposéquence n'est modifiée que sur une troisième catégorie, celle des aires de contact, par accroissement des volumes nodulaires, par la disparition progressive du manteau meuble, par l'élargissement des dépressions. Sur les crêtes se succèdent la mise en affleurement d'horizons nodulaires ou de blocs de bauxite rose (*Petroferric Gibbsiorthox*), leur remplacement par des sols rajeunis et appauvris (*Tropeptic Haplorthox*, *Oxic Plinthudult*), finalement la dénudation de la roche, avec de curieuses formes comme le « fer à cheval » des granites *rapakivi*. Plus bas, aux sols rajeunis s'ajoutent des sols directement formés sur la saprolite siallitique, jaunes et tachetés, mal drainés et lessivés, avec un début de migration de la matière organique et beaucoup d'aluminium échangeable (*Sombric Paleaquult*). Dans les dépressions un matériel d'apport identique à celui des épipedons des collines, à sables fins et kaolinite dégradée, se superpose à l'altération des plaines.

6.3. Corrélations

Qu'on le tienne pour l'aval ou pour une surface distincte des niveaux polyconvexes supérieurs cet ensemble n'a pas été expressément isolé dans les références dont nous disposons. Au Brésil (Boavista), il correspond aux parties les plus basses, isolées dans la plaine, du « Planalto dissecado Norte da Amazonia » avec des « Latossolos vermelhos amarelos » (*Haplorthox*) et des sols concrétionnés latéritiques, sur des collines à sommet convexe. Sur le bouclier guyanais les niveaux les plus bas de la « First late Tertiary Surface » pourraient lui être corrélés : cotes 210-350 m au Surinam et en Guyane (Kaieteur, Bartika, Rupunini), cotes 300-370 de Guyane (niveau latéritique S2).

6.4. Climat, végétation, utilisation

Le régime ordinaire est udiq ue isohyperthermique, plus sec (ustique) au nord et plus humide (perudique) au sud, la pluviosité variant de 2 200 mm à 3 500 mm. La forêt est continue, dense mais à sous-bois clair, de taille moyenne à haute (20-40 m), les grands arbres tendant à se répartir par îlots monospécifiques (grégarisme). Sur les marges elle se différencie selon les sols et affecte une disposition en anneaux : forêt haute (30 m) sur les sols meubles de bas de pente, moyenne (15 m) sur le knick cuirassé, réduite à un perchis de 10 m à fougères et mousses sur le sommet plus ou moins rocheux. Les demi-oranges ne sont généralement pas cultivées, les formes basses (lomas) quelquefois, les sols très rouges associés aux glacis cuirassés sur roche basique intensément (maïs de Manapiares).

7. LA PLAINE D'ALTÉRATION ET SES AIRES DE CONTACT

Elle regroupe une succession de niveaux à modelé faiblement ondulé ou plan, à couvert forestier, à sols

ferrallitiques mal drainés de textures moyennes ou lourdes. En aval, au contact de la plaine d'érosion, elle se différencie en petits paysages mixtes, à savanes et forêts, associés au lessivage, à la podzolisation et à la formation de tourbes.

7.1. Les types de paysage

7.1.1. EXTENSION, LIMITES

Elle est le niveau de base des hauts bassins (Orenoque, Ventuari) où elle sépare les ovales à demi-oranges par de vastes étendues de l'ordre de la dizaine à la centaine de kilomètres. Plus en aval elle se fragmente dans la plaine d'érosion dont elle occupe les interfluves par taches d'abord grandes et régulières (100 × 20 km entre le Rio Negro et le Pasimoni), puis petites et laciniées (10 km, moyen Orenoque).

Les limites amont sont celles des surfaces polyconvexes, linéaires et lithologiques ou étalées sur un modelé intermédiaire. L'aval est un feston extrêmement irrégulier où les sables de la plaine d'érosion pénètrent par des dépressions de toutes tailles, métriques à kilométriques. Ce front d'érosion régressive laisse derrière lui des îlots de la plaine d'altération, soit intacts, soit profondément transformés dans leurs sols selon des modalités évocatrices d'un « front géochimique » (BOULET, 1982). Cette invasion d'un aval sableux est plus prononcée sur les roches acides de la couverture métasédimentaire, sur les aires à pédoclimats très humides perudiques et aquiques, alors que les grands ovales granitiques paraissent lui résister davantage que le fonds migmatitique.

7.1.2. TOPOGRAPHIE

Elle s'inscrit entre les cotes 450 m (haut Orenoque) et 75 m (Orenoque moyen et Rio Negro), avec une grande extension entre 100 et 340 m. Les pentes générales sont de 0,3 à 0,8 % ; les pentes locales sont inférieures à 5 %, le plus souvent à 1 %. Trois ensembles à types de relief distincts ont été observés :

— En amont la topographie prolonge celle du manteau d'altération polyconvexe par un modelé faiblement ondulé, situé entre 25 et 35 m au-dessus du niveau de base, à dénivelées de moins de 10 m.

— Suit un ensemble plat et très étendu de deux sous-niveaux, le premier à la cote relative de 15 à 25 m, le second à la cote relative de 7 à 12 m, séparés par un petit talus vers l'altitude de 145-185 m.

— En aval le réseau hydrographique de la plaine d'érosion pénètre la plaine argileuse par des chenaux marécageux ou par des cuvettes allongées hectométriques à dénivelées métriques. Immédiatement en amont de ces dépressions le plancher argileux est parfois extraordinairement criblé de trous métriques, isolés ou anas-

tomosés, couvrant 20 à 50 % de la surface, coniques ou cylindriques, atteignant les horizons B, C, R, vides ou contenant quelques décimètres de résidus grossiers locaux, allant de sables siliceux à des blocs décimétriques rocheux. Ces formes aréolaires ont été attribuées à la fois au flux turbulent de lames d'eau exceptionnelles, à la circulation endogée de la nappe sur le toit rocheux ou sur celui de la plinthisite, aux chutes d'arbres. Inversement la surface est souvent exhaussée au-dessus du niveau local d'inondation pluviale par des édifices biologiques faits de limons organiques, en forme de cheminées, de cônes, de parois décimétriques séparées par de profonds fossés. Un aspect beaucoup plus localisé des aires de contact est le pédiment à pente faible et linéaire, bosselé de dalles rocheuses, à sols lessivés généralisés.

7.1.3. STRATIGRAPHIE ET ALTÉRATION

Les coupes de berges de l'Orenoque, du Ventuari et du Rio Negro, montrent :

- La roche altérée, toujours couverte : migmatites variées et gneiss, granites et granodiorites.
- Une saprolite (isoaltérite) gleyifiée blanche à verdâtre, argileuse à limoneuse, à grande kaolinite, micas résiduels et quartz.
- Un cailloutis décimétrique discontinu à quartz anguleux, et à fragments ferritisés ligneux (Ocamo), sur une entaille dont le sommet est au plus à 4 m au-dessus de l'étiage.
- Quelques mètres d'alluvions généralement argileuses et jaunes, à kaolinite bien cristallisée et gibbsite. Les sables moyens rouges (Cunucunumà) et les limons jaunes (Manapiaras) des hauts bassins et les argiles blanches du Rio Negro sont plus localisés.

L'ensemble est variablement ferritisé, depuis la saprolite jusqu'à la base des alluvions (5-7 m au-dessus de l'étiage), sous forme de dômes décamétriques de plinthisite rouge (goethite), de dalles cuirassées massives, alvéolaires ou conglomératiques, de « limonites » ocres pulvérulentes (Manapiaras).

Dès que l'on s'éloigne des berges, ne serait-ce que de quelques centaines de mètres, on n'observe plus de solution de continuité (Ocamo) entre les argiles jaunes du solum et un niveau d'altération argileux et tacheté, à kaolinite mal cristallisée, gibbsite, traces d'illite et goethite mal cristallisée. Les horizons rouges ferrallitiques apparaissent eux-mêmes sur les ondulations de l'amont de la formation au contact des modelés polyconvexes. Donc, bien conservé à ce niveau, le manteau d'altération apparaît comme tronqué en aval au niveau de la saprolite siallitique puis remblayé de dépôts locaux anciens. Au contact de la plaine d'érosion, associé à des sols lessivés ou podzoliques, il se réduit à un niveau

plus riche en minéraux résiduels et quartz, en gibbsite, à aspect de régolite ou d'arène jaunâtre fine. Ce front érosif est ainsi contrôlé par le déblaiement du manteau et, à plus grande échelle, par sa transformation géochimique.

7.1.4. LES SOLS

La différenciation latérale n'a pas été systématiquement décrite car le modelé est trop plat pour être échantillonné sur l'imagerie Radar. De plus l'organisation, dans les grandes plaines, se centre autour d'un pédon modal (*Acric Umbriorthox*) :

- Horizon A épais (40-75 cm), très sombre (IOYR 2-4/3-1), argilo-sableux à argileux, grumeleux, de type umbrique.
- Horizon B oxisque jaunâtre (10 à 7,5 YR 5-6/4-6), « bulgique » avec 10 à 15 % d'argile de plus, à structure polyédrique fine à moyenne en assemblage compact ; dans sa partie supérieure, à moins de 1 m de profondeur, il conserve 1 % de matière organique « invisible » et une structure plus fine ; au-dessous, jusqu'à 2 m de profondeur, apparaissent des faces lisses sur les agrégats, interprétées comme matranes par nous-mêmes, comme argilanes par d'autres (Brésil).
- Horizons B oxisques à plinthisite gris à taches et nodules rouges, avec volumes résiduels de saprolite à leur base (ex. : 2,5 m).

Le complexe absorbant est partout très acide et désaturé, à la limite du critère « acric », avec une barrière aluminique. Dans les variantes mieux drainées sur ondulations la base du B est plus rouge (5 YR 5/8) et l'horizon A peut être simplement de type ochrique (*Typic Haplorthox*). Cette disparition de l'horizon umbrique est moins fréquente sur les sols mal drainés des bas niveaux, à B grisâtres (IOYR 6/4-6) et taches de pseudogley (*Aquic Umbriorthox* et *Plinthic Ochraqox*).

Deux groupes de propriétés opposent donc les sols des plaines aux ferrallites plus anciennes. Un début de différenciation texturale associé à des caractéristiques discrètes de sols « appauvris », lessivés pour certains pédologues, se combine à une répartition organique de type « ferrallitique humifère », définie par DABIN (1980) comme une pénétration forte et profonde, à la fois d'acides humiques de poids moléculaire élevé et d'acides fulviques liés « aux métaux complexants (aluminium) dans un substratum argileux ». Ce matériel possède également la caractéristique de se transformer profondément sur ses marges aval par le lessivage de l'argile en milieu plus réduit, par la podzolisation, par l'accumulation de matière organique tourbeuse. Au contact de la plaine d'érosion le lessivage aboutit à des horizons albiques caractéristiques à poches de matière organique

et à des Bt illuviaux grisâtres hydromorphes en place sur la saprolite (*Sombric Tropaquult* ou *Paleaquult*). La superposition d'un podzol à cet horizon lessivé, puis sa généralisation à des cuvettes faiblement déprimées (*Ultic* ou *Arenic Placaquod*, i.e. à B spodique ferrihumifère durci) aboutissent par étapes à des sols de quartz pur (*Spodic Quartzipsamment* et *Psammaquent*).

7.2. Les types de relief

Ils se superposent aux sous-niveaux topographiques et sont autant de paliers dans une tendance se manifestant vers l'aval par un aplanissement meilleur, par un drainage dégradé, par une paragenèse superficielle passant de la kaolinite et la goethite mal cristallisées à la kaolinite et la gibbsite, par une matière organique plus mobile et complexante, par la séparation entre l'argile et les hydroxydes de fer décelable dans les alluvions anciennes et complète dans l'aire de contact, par le lessivage et la destruction de l'argile, finalement par des profils de plus en plus contrastés. Ainsi on observe encore des sols ferrallitiques très désaturés modaux sur les ondulations. Le sol ferrallitique humifère s'étend ensuite sur la plinthite des plaines, plus kaolinique et limoneux dans le sous-niveau inférieur, ce dernier prolongé par un biseau alluvial localement ferritisé. Les mosaïques de l'aire de contact se disposent en festons bordiers ou en gouttières et combinent trois motifs de base correspondant respectivement aux sols argileux ferrallitiques et ultiques (lessivés) variablement criblés de trous, à des clairières sableuses podzolisées, à des chenaux plats localement tourbeux.

7.3. Corrélations

La plaine d'altération se prolonge au nord du Brésil par le « *pediplano Rio Branco - Rio Negro* », à « *Latosolo vermelho amarelo* » (ferrallitique jaune-rouge), interprété comme une surface d'aplanissement conservée d'âge Pliocène à Pleistocène. Il est associé à une formation détritique plus sableuse et conglomératique d'âge Pleistocène, dite de Boa Vista. L'aire de contact aval a été décrite par des botanistes comme « *areas de tensao ecologica* » entre la forêt et des formations pionnières, entre des « *latossolos amarelos* » (ferrallitiques jaunes) et des podzols hydromorphes, des airs quartzieuses hydromorphes. Sur le reste du bouclier guyanais le prolongement par les témoins de la « *second latest Tertiary surface* » est incertain car ces derniers sont des buttes cuirassées situées entre les cotes 150 m et 260 m en Guyana (RUPUNINI) et en Guyane française (S3 et S4, selon BLANCANEUX, 1981).

A l'échelle continentale, il existe de remarquables homologies topographiques et pédologiques entre la plaine vénézuélienne et les bassins cénozoïques d'Afrique et d'Amérique du sud : formations néogènes de la

cuvette congolaise à sols ferrallitiques avec bordure podzolisée (SCHWARTZ, 1985), bassin côtier camerounais à « *sols jaunes topomorphes* » (MULLER, 1979), formation Barreiras du Pleistocène de l'Amazonie brésilienne à « *pale yellow latosols* » dont l'entaille podzolisée a d'abord été décrite comme une stratigraphie (KLINGE, 1965) puis comme un « *front de transformation* » (BOULET et CHAUVEL, 1985).

L'histoire des plaines repose sur des conjectures variées admettant l'instabilité climatique comme principe : oscillations pluviales, alternances entre l'altération et l'érosion, différenciation texturale par dessiccation du solum, transformation par déséquilibre pédoclimatique (BOULET, 1978). Le changement global intervenu au Miocène (WOODRUFF, 1981) par renforcement de la circulation circumpolaire a été proposé comme origine lointaine de ces instabilités productrices de différenciations pédologiques (BECKMAN, 1985).

Ainsi les plaines à sols jaunes, présentes par un faciès de bordure peu remblayé au Venezuela, seraient le lieu d'un renversement géochimique, initié vers la limite Néogène-Pleistocène, entre les collines à vieilles ferralites et les podzols.

7.4. Climat, végétation, utilisation

Les régimes sont isomégathermiques, perudiques à udiques, marginalement ustiques, pour une pluviosité comprise entre 1 800 et 3 700 mm/an. L'engorgement pluvial est fréquent sur le bas niveau, constant dans l'aire de contact. Par exemple la nappe se situe en saison des pluies à 20-70 cm de profondeur dans une dépression plus sableuse, à 130-200 cm en saison sèche, d'où la formation d'un podzol humo-ferrugineux.

La forêt, dense, moyenne (20 à 30 m), se caractérise par un houppier uniforme, sans émergents, avec quelques espèces à floraison spectaculaire (*Eperua*), par un sous-bois clair mais très riche en palmiers. Près de l'aire de contact, elle est envahie d'espèces plus grêles (*Micrandra*, *Gustavia*), souvent laurifoliées, puis, au fur et à mesure de l'extension des sables et de l'eau, elle se troue de perchis gracieux ou de « *savanes amazoniques* ».

Les plaines sont ou deviendront un lieu de compétition pour la plupart des cultures et des modes d'exploitation parce que les facteurs limitants y sont moins contraignants encore que sévères pour certains d'entre eux : barrière aluminique, acidité, absence de bases et de phosphore, médiocres réserves hydriques. Leur régénération dans le système indigène est actuellement facile. Au contraire, les aires de contact sont d'intouchables conservatoires de la diversité biologique.

8. LA PLAINE D'ÉROSION

Très basse et très plate elle est couverte de sables blancs siliceux baignés par une nappe d'eaux noires

acides et organiques. Une végétation étrange de fourrés tundricoides et de bois marécageux, soumise aux pires conditions édaphiques, y révèle, par des dessins compliqués, de subtiles adaptations hydriques et trophiques.

8.1. Le type de paysage

8.1.1. EXTENSION, LIMITES

Elle est formée par coalescence de vastes dépressions, larges de 50 à 100 km, lentement drainées par l'Orenoque, le Rio Negro et leurs grands affluents. Elle s'étend sur près de 400 km en longitude au Venezuela et se prolonge au sud par les « campinas » brésiliennes du Rio Negro. Elle est établie principalement sur les roches les plus profondes et les plus migmatitisées, sur la couverture acide, dans le domaine climatique le plus humide. Les aires de contact d'amont, déjà décrites, se moulent sur les ovales à demi-oranges ou festonnent la base de la plaine d'altération. Elles peuvent se prolonger et se résoudre, vers la plaine d'érosion et sur plusieurs dizaines de kilomètres, par des semis de taches hectométriques curvilignes, à sols plus argileux et forestiers, témoins du manteau d'altération dans la couverture siliceuse. L'aval est un réseau de grandes cuvettes tourbeuses et de drains de nappe lagunaires, ces derniers à peine incisés, à alluvions exclusivement siliceuses disposées en levées étroites et basses, parfois bordées d'un petit chanfrein d'érosion à roches affleurantes. Les alluvions allochtones plus argileuses des grandes vallées forment un système indépendant du précédent.

8.1.2. TOPOGRAPHIE

L'aplanissement est très élevé à l'échelle de l'unité, la pente générale étant de l'ordre de 0,02 %. Seules quelques bordures ont une pente linéaire plus forte (0,4 %) et un aspect de pédiment renforcé par de nombreux affleurements rocheux. Les cotes sont comprises entre 70 m et 100 m, l'enfoncement par rapport à la plaine d'altération étant de l'ordre de 5 m au contact. A l'échelle de la centaine de kilomètres l'unité se subdivise en bassins formés d'interfluves plats, de cuvettes plus ou moins centrales, d'épandages en levées ou en faisceaux très peu saillants. Les pentes, de l'ordre de quelques millièmes en moyenne, ne dépassent pas 2 à 4 %. Les dénivellations sont comprises entre 0,8 et 4 m. A l'échelle kilométrique le modelé est fréquemment disposé en replats séparés par des pentes courtes de l'ordre du pourcent. Les plus notables de ces accidents se situent d'une part en amont au contact des résidus de sols d'altération argileuse, par exemple sous l'aspect de banquettes à sols lessivés rehaussés de 2 m, d'autre part en aval où cuvettes et chenaux s'enfoncent de 1 à 4 m dans le « plateau » sableux. Le microrelief est très plat

sur les interfluves bien drainés où la profondeur de nappe est métrique. Lorsque cette dernière n'est que décimétrique, sur la bordure des cuvettes et aux pieds des reliefs résiduels, la surface est découpée par des canaux anastomosés métriques, les « zurros », et bosselée par des édifices biologiques décimétriques, les « tatucos ».

8.1.3. ALTÉRATION, MATÉRIAUX

Le substrat rocheux, noyé sous la nappe, n'est pas observable. Il est probablement peu profond et altéré, en prolongement du plancher de la plaine d'altération. Les affleurements rocheux sont en effet nombreux et sains : migmatites, gneiss, granito-gneiss, granites porphyriques, grano-diorites, granites. Sur une bordure la saprolite kaolinique micacée a été décrite 2,8 m au-dessous d'un « plateau » sableux, dans l'entaille d'un chenal. Le matériau est ordinairement un sable blanc homogène, purement quartzueux sans minéraux altérables, anguleux et même esquilleux, compact et peu perméable, contenant moins de 3 % de fines kaoliniques. Il n'y a pas d'oxyhydroxydes métalliques, en dehors de quelques taches ferrugineuses profondes autour des pointements rocheux. La granulométrie, centrée entre 0,2 et 0,3 mm, est identique à celle des sables des épipédons des sols ferrallitiques, des solums des sols lessivés d'amont ; elle est plus fine que celle des sables des altérites. Les matériaux remaniés fluviaux ont un éventail de tailles plus large, entre 0,07 et 2 mm, et sont stratifiés.

Les continuités sédimentologiques, minéralogiques, topographiques et pédologiques, ces dernières inscrites dans la catena à sols ferrallitiques, lessivés, podzoliques des bordures, assignent à ce matériel une origine autochtone éluviale, compliquée localement par des transports hydriques. Ce résidu de l'acidocomplexolyse (PEDRO, 1966) prendrait la suite des transformations de la plaine d'altération, dans une nappe phréatique bloquée sur un plancher rocheux peu profond. Le jeu local d'autres facteurs est possible : roches très siliceuses, colluvionnements géants, transports éoliens (CIAF, 1980).

8.1.4. LES SÉQUENCES

Vers l'aval, aussi bien du motif que du paysage, les mêmes phénomènes se succèdent dans le même ordre : disparition du plasma argileux, de la matière organique insoluble des épipédons, accumulation puis disparition de la matière organique mobile spodique, accumulation relative du squelette quartzueux, accumulation de matière organique tourbeuse. En amont le motif s'organise à l'échelle hectométrique autour de pastilles d'altération résiduelles sous une végétation largement forestière, en présence d'une nappe acide et organique peu profonde prolongeant la nappe seulement minéra-

lisée des altérations argileuses. La séquence commence avec des sols de plus en plus profondément lessivés (*Albic Paleaquult*). Ensuite le B illuvial disparaît, un Bh spodique apparaît au toit de la nappe ce qui définit des podzols humiques de nappe (*Ultic* et *Arenic Tropaquod*). De petites quantités d'hydroxydes de fer durcissent la base du B spodique ou y forment des taches de pseudogley (*Placaquod*). En pied de séquence seul subsiste un B spodique se réduisant lui-même à des volumes isolés de matière organique. La végétation se fait arbustive, l'épipédon organique s'amenuise (*Spodic Psammaquent*). Dans les chenaux ou les cuvettes, alors petits, la tourbe s'amasse (*Hemic Troposaprist*). Vers l'aval du paysage le motif s'élargit à l'échelle, kilométrique, de tout l'interfluve à la suite de la disparition des résidus ponctuels d'altération. Sur les deux tiers amont il n'y a plus de matière spodique observable, plus d'épipédon organique, rien que du quartz blanc résiduel (*Typic Quartzipsamment*). La nappe, toujours acide et organique néanmoins, est alors relativement profonde (plus de 80 cm). Là s'étend la bizarre « savane amazonique », formation arbustive contractée tundricoise à lichens. Plus bas, avec la nappe plus proche (40 cm), apparaissent une végétation d'arbres grêles, un épipédon tourbeux fibreux coiffant les sables blancs noyés (*Histic Psammaquent*). Dans la cuvette à nappe subaffleurante permanente (10 cm), la forêt marécageuse flotte sur une tourbe métrique (*Hemic Troposaprist*). Des sols alluviaux peu différenciés (*Fluventic Dystropepts*) sur sables remaniés sont dus à la présence locale de très petites quantités de plasma argileux gris (10 YR 5/3) à fort pouvoir de dispersion.

8.1.5. LES SOLS DOMINANTS

Le podzol forestier présente, sous 5 cm de litière, un épipédon de 20 à 40 cm, sombre (7,5 YR 3-4/2), dont les dix premiers centimètres sont un filtre à treillis de fines racines et agrégats fins organiques (40 % de matière organique) et la base un moder sableux (7 % de matière organique) très acide (pH 4 à 5,4). Après une transition graduelle apparaît l'horizon E, de 40 à 50 cm d'épaisseur, blanc (10YR 5-7/2), très sableux et granulaire. L'horizon spodique Bh, à sommet tranché, est mince (10-20 cm), noir rougeâtre (5YR à 10YR 3/2), organique (5-10 %), compact et variablement durci, acide et riche en aluminium échangeable (pH de 4,5-4,8 ; Al de 4 mé). Au-dessous, dans la zone de battement de nappe et sur plusieurs décimètres des taches diffuses à matière organique et hydroxydes jaunes se répartissent dans des sables blancs. L'épaississement de l'horizon E (90 cm), la disparition de la partie continue du Bh font le *Spodic Quartzipsamment*.

Le sol de la savane amazonique (*Typic Quartzipsamment*) n'est qu'une masse compacte de sables fins blanc

rosé (10YR 8/1), à peine organique et plus foncée en surface, sur quelques centimètres (10YR 8,2 et 0,5 % de matière organique), sans racines entre les touffes, sans plasma minéral (au plus 3 %) ; la nappe reste cependant noire et organique.

Deux horizons font les tourbes forestières (*Hemic Troposaprist*). En surface, sur 40 cm environ, on retrouve le treillis racinaire à agrégats organiques foncés (5YR 3/2). Très acide (pH 4) il contient cependant des quantités appréciables en éléments échangeables (Mg, K, Al, P), comme tous les horizons homologues forestiers. Au-dessous la tourbe proprement dite est observable sur au moins un mètre sur un fonds sableux. Elle a l'aspect et la consistance du cirage noir (5YR 3/2), est très acide (pH 3,5), pauvre en éléments échangeables.

8.2. Les types de relief

Ils dépendent surtout du stade toposéquentiel. Le premier est révélé par des textures maillées ou annelées, formées par des semis de buttes forestières dans des formations ligneuses plus basses trouées elles-mêmes de clairières, étendues sur d'assez grandes surfaces (200 km²). L'étape intermédiaire à forêt basse uniforme, celle des podzols très sableux (*Spodic Quartzipsamment*), se limite au contraire à quelques franges kilométriques. Elle se morcelle en effet très vite dans les vastes étendues de savanes amazoniques, réparties entre de grands interfluves de l'ordre de la centaine de kilomètres carrés, à textures géométriques curieuses et variées, concentriques, ou réticulées, ou dendritiques, ou striées. La sensibilité de la végétation à la profondeur de la nappe lui permet d'en tracer les lignes d'écoulement par un développement préférentiel d'espèces phréatophiles, selon les faisceaux des aires d'épandages, les linéaments du substratum rocheux des surfaces exoréiques, ou tout simplement les isohypses et les lignes d'égale profondeur du sable.

A cause de leur grande étendue, atteignant 1 500 km² dans les bassins Casiquiare-Pasimont, les cuvettes tourbeuses constituent un quatrième ensemble.

8.3. Corrélations

La plaine d'érosion se prolonge au Brésil par les « aires quartzzeuses inondables » à podzols hydromorphiques et formations « pionnières ». Elle aurait été entaillée à la base du « pediplano Rio Branco-Rio Negro », puis remblayée de dépôts de climat sec en une paléoplaya à la fin du Pleistocène (avant 14 000 BP), noyée ensuite par la nappe et podzolisée en climat plus humide, finalement entaillée par le réseau hydrographique comme conséquence de mouvements tectoniques récents. En Colombie on fait mention de dépôts sableux quaternaires, peut être éoliens. Dans les Guyanes

l'homologue pédologique est représenté par les « white sands », les podzols géants formés aussi bien sur altération argileuse de granitoïdes que sur des dépôts littoraux de sables argileux pleistocènes (formations Coropina de Surinam, Coswine de Guyane). Des études détaillées (BLANCANEUX 1973, TURENNE 1977, BOULET 1982) démontrent une suite de transformations du sol ferrallitique en podzol par un intermédiaire lessivé, déclenchée par la remontée de la nappe, liée par exemple à l'épisode transgressif de 11 000 à 6 000 BP, elle-même entretenue par colmatage du réseau de drainage. A l'échelle des barres littorales le podzol est en plateaux, la ferrallite en éponte résiduelle plus basse. La podzolisation progresse vers l'aval. Cette disposition a été également notée sur le haut Rio Negro (Maroa) où, à la même échelle kilométrique, un replat podzolisé domine de quelques mètres des ondulations ferrallitiques. Elle est inverse de la structure générale à l'échelle du paysage où le podzol est en aval. Cette inversion serait due au déplacement du front de transformation parallèlement à la zone de moindre profondeur de la nappe, coïncidant avec les exutoires des nappes perchées à grande échelle, avec ceux de la nappe générale à petite échelle. La podzolisation pourrait ainsi descendre la forme de terrain et remonter le paysage.

Au Congo, SCHWARTZ (1985) décrit, sur sables argileux néogènes, des podzols de nappe à alios humique dans des cuvettes encaissées entre des plateaux à sols ferrallitiques très désaturés. Il leur assigne une origine stationnelle indépendante des ferrallites encore que des séries intermédiaires « podzolisées » soient mentionnées. Leur genèse a été datée par des artefacts lithiques et serait de nature discontinue, avec des épisodes actifs à climats plus humides. Le plus important correspond au pluvial njilien (30 000 à 40 000 BP), où se formèrent des podzols forestiers. Actuellement des sols très sableux résiduels, « où il n'y a plus rien à podzoliser », évoluent sous savane graminéenne selon la profondeur de nappe.

Ainsi, de la fin du Pliocène à l'Holocène, des podzols de nappe naissent dans le voisinage de ferrallites. Ils passent d'un état spodique et forestier à un état ultime quasi inerte, quartzeux, arbustif ou savanicole. En Guyane et au Brésil une dynamique continue de la ferrallitisation à l'acidocomplexolyse est démontrée. En Amazonie vénézuélienne elle se prolonge par l'évacuation de la matière organique hors des interfluves et par le stockage de tourbes dans les cuvettes. La végétation évolue parallèlement. Les variations Quaternaires climatiques, eustatiques, tectoniques entrent dans des scénarios divers avec actes pédogénétiques correspondant aux épisodes pluviaux et transgressifs débutant vers 40 000 BP, puis 11 000 BP, enfin 2 500 BP pour

l'actuel. En Amazonie vénézuélienne la séparation diachronique de la pédogenèse et de la morphogenèse n'a pas été précisée, bien que certaines observations pourraient en être des indices : caractère mixte, géochimique et dénudatif, du front amont et voisinage en aval d'accumulations quartzueuses éluviales et alluviales.

8.4. Climat, végétation, utilisation

Les régimes sont isomégathermiques, perudiques et udiques (3 400 à 3 000 mm de pluies) ; ils sont rapidement plus secs, ustiques (2 400 mm) sur la limite nord. L'engorgement de nappe est saisonnier avec un battement métrique en amont, permanent avec un battement décimétrique en aval. L'évolution générale renforce ce contraste et aboutit à des interfluves très secs pendant quelques mois et à des cuvettes toujours noyées.

La végétation se diversifie à l'échelle du paysage, en fonction de la fertilité, à l'échelle de la forme topographique, en fonction de la profondeur de nappe. Sur les podzols et les sols lessivés la forêt est dense, haute (20 à 30 m), à houppier uniforme (*Eperua leucantha*, *Micrandra*), mais déjà laurifoliée et sclerophylle. Sur les sols sableux spodiques elle est remplacée par une forêt analogue, plus basse (15 m et moins), nommée « bana » au Venezuela, « caatinga-gapo » au Brésil. Les multiples et extrêmes déficiences en eau, bases, phosphore, azote des sables blancs n'y laissent survivre qu'une formation très basse (1,5 m parfois), très ouverte, d'arbustes tortueux aux feuilles cireuses et résineuses (*Clusia*), séparés par des espaces nus ou tundricoides à lichens (*Cladonia*), Broméliacées, Xyridacées, Cypéracées et plantes carnivores (*Drosera*). C'est la « campina » du Brésil (KLINGE, 1979), la « savane » amazonique du Venezuela (HUBER, 1982). En bas de pente la proximité de la nappe permet la croissance de nouvelles espèces arborées, palmiers (*Mauritia*), essences à bois léger (*Ambelania*), surtout la forêt marécageuse, assez haute (15-30 m), relativement claire, semi-décidue, à fûts droits (*Hévéa*), mal ancrée et sujette à d'énormes chablis.

Pour les habitants ce sont des paysages sans vie, où la culture est impossible, sauf sur les marges (ananas), la chasse et la pêche sont précaires ou nulles. Pour les scientifiques ce sont d'extraordinaires champs d'étude des endémismes et des adaptations écologiques.

9. LES SOLS DE LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE

La minéralogie des roches précambriennes sédimentaires et métasédimentaires se ramène à deux types. Le plus profond est un matériel arénacé et phylliteux

faiblement métamorphisé (muscovite, chlorite, épidote) correspondant à des grès micacés, des schistes argileux, des cendres acides. Le plus superficiel et le plus important de beaucoup est très pauvre en minéraux altérables (1 à 9 %) et fortement silicifié en quartzites, grès-quartzites, jaspes, grauwackes cimentées.

La **haute surface rocheuse** s'y divise en grands plateaux, atteignant 2 500 km², isolés par ces spectaculaires escarpements, atteignant 1 000 m, qui leur ont valu le nom romantique de « mondes perdus ». Leur surface présente deux familles de formes tabulaires. La première, vers 1 900-2 200 m, est fortement fracturée par de profonds canions et localement redressée en écaillages aiguës. Elle est affectée par un pseudo-karst géant, avec des gouffres et des grottes atteignant 350 m de diamètre, des labyrinthes décimétriques de clochetons. La seconde, entre 950 et 1 600 m, réunit des tables massives, monoclinales (pentes de 1,3 à 2,1 %), presque concordantes, à fonds plats inondés, à guillochage plus localisé. Du paysage à l'échelle micro-cristalline une très lente évolution s'opère par dissolution et quartzification protectrice, comme cela a été déjà mentionné à propos des granites (DUBROEUQ, 1986). Ici, elle libère des sables blancs qui, localement piégés, sont le support de sols minces à matière organique acide tourbeuse ou spodique (*Histic Psammaquent* et *Arenic Tropaquod*), associés à des tourbes de sphaignes et surtout à de la roche nue. La rudesse édaphique, faite de l'absence totale de nutriments, de la sécheresse ou de l'excès d'eau, de l'acidité, l'isolement et un climat très humide et plutôt frais (2 200 à 3 400 mm de pluies, 18° C) ont produit une flore étrange d'endémiques herbacées (Rapatacées, Xyridacées, Broméliacées) ou de petits arbres montagnards (*Bonnetia*).

Les **ferrallites** au contraire se dispersent entre de petites surfaces, de moins de 100 km², sur roches phylliteuses, dans de grandes vallées ou des boutonnières creusées dans les plateaux, plus rarement en témoins isolés par des reliefs quartzitiques. Le modelé est en glacis cuirassés ou entaillés en collines convexes gravillonnaires se terminant en aval sur de petits replats à aspect de remblais, le tout sous forêt dense. Partout le solum meuble est mince, limoneux, avec un horizon 0 humique, un horizon A décimétrique finement structuré, des B oxiques jaunes à rougeâtres (7,5 à 5YR 5/8) très friables, une saprolite tachetée à nodules aplatis à moins d'un mètre de profondeur. Ces sols (*Plinthic* ou *Petroplinthic Haplothox*) ressemblent à ceux de la péninsule polyconvexe supérieure sur micaschistes. Plus bas (160 à 210 m), au niveau de la plaine d'altération, aux pieds des escarpements des hautes surfaces, dans des petits bassins (50 à 200 km²) sur grès micacés, des glacis courts (500 m) et peu pentus (5 %) portent des toposéquences à sols ferrallitiques très sableux (*Oxic Tropopsamment*)

et sols lessivés hydromorphes (*Plinthic Albaquult*). Bien qu'actuellement déserts ils sont couverts de savanes arborées pyrophiles et fortement érodés du fait de défrichements anciens (XIV^e s.).

Partout en aval, sur de grandes étendues parfois (400 km²), s'étalent des glacis sur grès dont les cotes (225-75 m), les sols et la végétation de savanes « amazoniques » et de bois grêles sont analogues à ceux de la plaine d'érosion sur granitoïdes. Ils se raccordent aux escarpements par des versants concaves dans les entailles desquels des sols ferrallitiques appauvris ont été décrits (*Oxic Paleudult*). Ils sont peu pentus (3 %), mal drainés. Les sols, décimétriques, se réduisent à des horizons organiques noirs, de type moder, acides et à un horizon de sables fins blancs baigné d'eaux noires, parfois à taches de matière organique mobile (*Typic* et *Lithic Quartzipsamment* et *Psammaquent, Spodic Quartzipsamment*).

La suite générale des sols de la couverture est donc analogue à celle des granitoïdes : dalles quartzifiées et humus brut, ferrallites, ferrallites appauvries, podzols et sables. Le paysage est cependant très différent car les formes rectilignes, tables et glacis, le matériel podzologique occupent presque tout l'espace. Tel est le formidable effet d'une minéralogie siliceuse et du guidage des lignes de drainage par des structures sédimentaires.

CONCLUSIONS

La succession pédologique sur granitoïdes du domaine subéquatorial vénézuélien est assez diversifiée et régulière pour être prise comme un type d'une dynamique d'altération et d'ablation (fig. 2) :

- tourbes et podzols d'altitude sur tables siliceuses ;
- sols ferrallitiques à allitiques avec horizon glebulaire largement induré sur glacis polyédriques ;
- sols ferrallitiques à horizon glebulaire largement nodulaire sur niveaux polyconvexes multiples ;
- sols ferrallitiques de plaines hautes avec pénétration profonde de matière organique, acidification, différenciation texturale, libération d'aluminium échangeable, concentration absolue locale d'hydroxydes de fer ;
- sols lessivés et podzols humiques de nappe sur une aire de contact à caractères mixtes d'érosion régressive et de transformation géochimique ;
- résidus siliceux et tourbes des plaines basses.

Une première évaluation du degré de généralité de cette suite est fournie par une comparaison avec les sols de la couverture sédimentaire. L'ordre en est conservé mais les proportions sont modifiées : peu de ferrallites, de modelés polyconvexes, inversement beaucoup de podzols et de formes linéaires (tables et glacis), singularités liées à la minéralogie siliceuse et à la stratification.

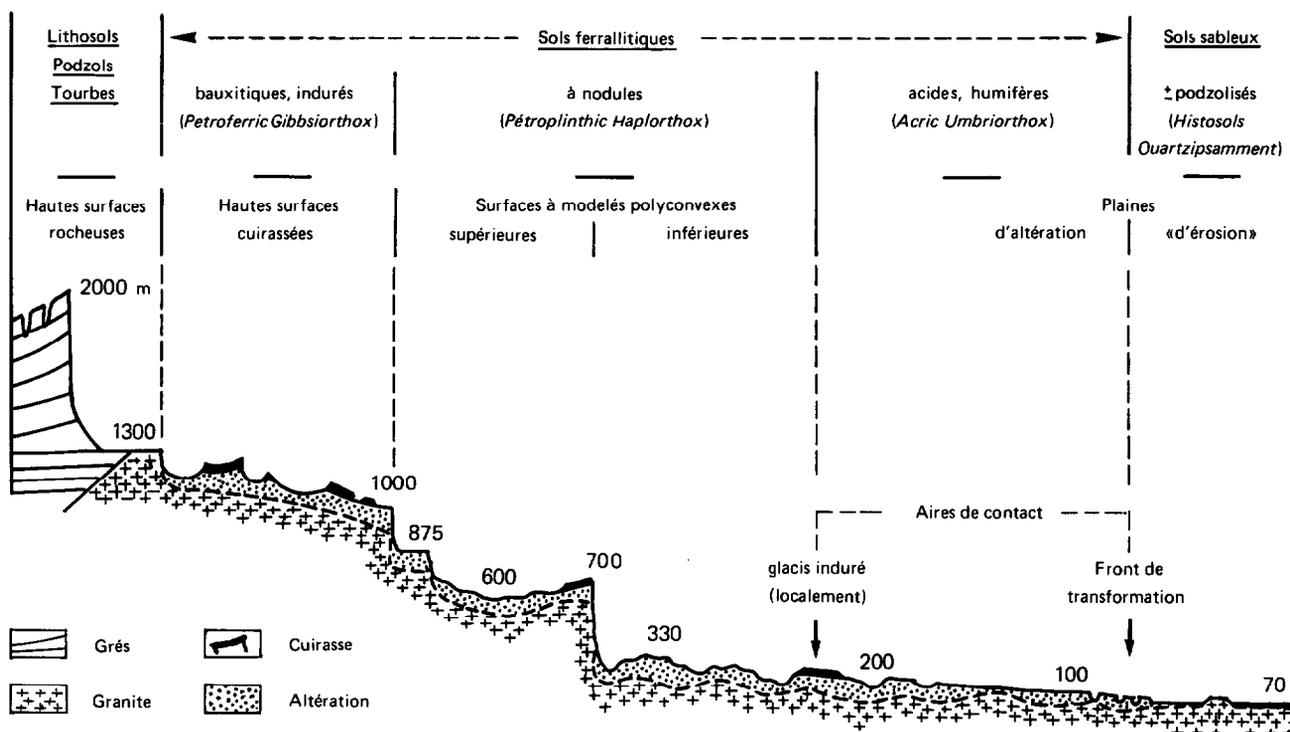


FIG. 2. — Etagement des paysages pédologiques

La seconde, fondée sur les corrélations continentales, précise au travers de la diversité morphogénétique l'homologie des paysages et l'analogie des pédogenèses. Les dalles sommitales ont l'immunité vis-à-vis de l'altération et la localisation des témoins de la surface Gondwana (Mésozoïque). La surface haute latéritique apparaît comme un type induré et facetté, également décrit à Madagascar où il est attribué au Crétacé, d'un ensemble de ferrallites très différenciées dont l'aspect le plus connu est tabulaire à horizons glebulaires micronodulaires (aliatiques). Par contre la ressemblance des niveaux polyconvexes d'Amérique et d'Afrique témoigne de l'uniformité pédoclimatique du Cénozoïque malgré la variabilité de l'épeirogenèse. La plaine ferrallitique vénézuélienne indique qu'une pédogenèse habituellement décrite sur des surfaces d'accumulation datées du Néogène au Pleistocène a pu s'étendre à une surface d'altération limitrophe. De même l'aire de contact à sols transformés s'étend à la fois sur le bouclier guyanais et dans la cuvette amazonienne ainsi que, probablement, dans la cuvette congolaise. Semblablement les podzols géants et les quartzipsamments se sont formés aussi bien sur le socle que sur des dépôts pleistocènes à holocènes.

L'existence de ces six ensembles pédologiques est donc en elle-même indépendante des caractéristiques locales

géologiques ou géomorphologiques. Elle est liée à la tendance climatique globale, sur un fonds tectonique commun que nous ne faisons qu'entrevoir. L'écorce d'altération se renouvelle pour les trois premiers (*land surfaces*) ; le second et le troisième correspondent à de longues durées d'action de l'hydrolyse sous des climats chauds et humides peu affectés par la dérive continentale. Les deux derniers s'insèrent dans le même manteau (*ground surfaces*) ; leurs sols très différenciés sont le produit des oscillations climatiques quaternaires. A ce propos il est important de constater que dans les domaines plus secs septentrionaux ce sont également des sols à profils contrastés qui se forment pendant cette même période mais sur des glacis étagés (MICHEL, 1973), les plus anciens cuirassés (LEPRUN, 1979), les plus récents transformés non plus par la complexolyse mais par la xérolyse (BOULET, 1978 ; PEDRO, 1980).

Les types de relief qui subdivisent ces ensembles dépendent davantage dans leur nature et leur importance relative de facteurs locaux : situation topographique générale déterminant les possibilités d'ablation ou d'accumulation, existence d'une tectonique cassante favorable à la conservation des héritages, guidage lithologique du réseau de drainage, positionnement des nappes phréatiques par alluvionnement ou par exhumation du front rocheux, compositions des roches.

Parmi les objets de la géographie des sols on peut donc inclure les étendues possédant leurs propres constitutions minéralogiques et chimiques, des structures hiérarchisées, des formes et des limites spécifiques ou significatives, une histoire définie. Par leur diversité ordonnée et par les régularités de leur répartition elles sont les références obligées pour les études comparées et pour la généralisation des études de sites, ce d'autant plus

que dans le domaine étudié le sol ne se répète pas, ou mal, d'un paysage à l'autre. Par l'évidence de leur découpage elles rendent possible, à un coût acceptable, la cartographie et le zonage thématique aux échelles moyennes et petites.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 19 septembre 1986.

BIBLIOGRAPHIE

- BECKMANN (G.G.), 1985. — Landscape and Soil History of Gondwanaland continents. Division of Soils, CSIRO.
- BLANCANEUX (P.) *et al.*, 1973. — Podzols et Sols Ferrallitiques dans le Nord-Ouest de la Guyane Française. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XI, n° 2 : 121-153.
- BLANCANEUX (P.), POUYLLAU (M.), HERNANDEZ (S.), ARAUJO (J.), 1976. — Estudio pedo-geomorfológico sobre las formaciones graníticas de la region de Puerto Ayacucho, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. IV Congr. Venezolano de la Ciencia del suelo, Maturin, Venezuela, 1976, 28 p.
- BLANCANEUX (P.), POUYLLAU (M.), 1977 a. — Formes d'altération pseudokarstiques en relation avec la géomorphologie des granites Précambriens du type Rapakivi dans le Territoire Fédéral de l'Amazone, Venezuela. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XV, n° 2 : 131-142.
- BLANCANEUX (P.), POUYLLAU (M.) SEGALÉN (P.), 1977 b. — Les relations géomorpho-pédologiques de la retombée nord-occidentale du massif Guyanais (Venezuela). 1^{re} partie : les concepts et les définitions. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XV, n° 4 : 437-448.
- BLANCANEUX (P.), POUYLLAU (M.), 1978. — Les relations géomorpho-pédologiques de la retombée nord-occidentale du massif Guyanais (Venezuela). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVI, n° 3 : 293-316.
- BLANCANEUX (P.), 1981. — Essai sur le milieu naturel de la Guyane Française. *Trav. et Doc. de l'ORSTOM*, n° 137.
- BLANCANEUX (P.), ARAUJO (J.), 1982. — L'action déterminante de l'homme et du climat actuel sur l'évolution des sols et des savanes du sud du Venezuela, territoire fédéral de l'Amazone. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XIX, n° 2 : 131-150.
- BLANCANEUX (P.), 1985. — Organisation et comportement hydrologique de deux couvertures pédologiques sur granito-gneiss de la région de Grégoire en Guyane Française. Thèse, Université d'Orléans, septembre 1985.
- BOULAIN (J.), 1975. — Géographie des sols. Collection SUP, section Le Géographe, 17, PUF (Paris).
- BOULET (R.), 1978. — Toposéquence de Sols Tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. *Mém. ORSTOM*, n° 85, 272 p.
- BOULET (R.), CHAUVEL (A.), HUMBEL (F.X.), LUCAS (Y.), 1982. — Analyse structurale et cartographie en pédologie. I - prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquence et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XIX, n° 4 : 309-322.
- BOURGEAT (R.), 1972. — Sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du Quaternaire. *Mém. ORSTOM*, n° 57, 324 p.
- CHATELIN (Y.), BEAUDOU (A.G.), 1976. — Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie et cartographie en milieu ferrallitique. Centre ORSTOM d'Abidjan.
- CHATELIN (Y.), 1978. — Quelques remarques à propos de la notion de volume pédologique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVI, n° 4 : 369-374.
- CHOUBERT (B.), 1957. — Essai sur la morphologie de la Guyane Française ; ses relations avec l'histoire géologique. *Mém. Carte Géol. détail. de FR.*, 48 p.
- C.I.A.F., 1980. — La Amazona Colombiana y sus recursos. Proradam, Bogota, 1979 y *Revista CIAF*, vol. 5, n° 1 : 1-226.
- COCCO (P.L.), 1972. — Iyëwei-Teri, quinze anos entre los yanomamos. Ed. de la escuela Técnica Popular Don Bosco, Boleita, Caracas, 498 p.
- DABIN (B.), 1980. — Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVIII, n° 3-4 : 197-215.
- DUBROEUCQ (D.), 1986. — La haute surface rocheuse d'Amazonie Vénézuélienne. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, à paraître.
- HERRERA (R.), JORDAN (C.F.), KLINGE (H.), MEDINA (E.), 1978. — Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia*, vol. 3, n° 4 : 223-231.
- HUBER (O.), 1979. — Significance of Savana vegetation in the Amazon territory of Venezuela. Fifth Int. Symp. of the Ass. for tropical Biology, Caracas, 1979. Columbia Univ. Press, New-York, 1982 : 221-244.

- KING (L.), 1976. — Planation remnants upon high lands. Z. Geomorph. N.F., 20, 2, June 1976. Berlin-Stuttgart : 133-148.
- KLINGE (H.), 1965. — Podzol Soils in the Amazon Basin. *J. of Soil Sc.*, 16 : 95-103.
3. Mc CONNELL (R.B.), 1966. — Note on the erosion levels and geomorphology of British Guiana. Transact. of the third caribbean geol. conf., Kingston, Jamaïque, 1966 : 151-159.
- M.A.R.N.R. (Caracas, Venezuela) (*à paraître*). — Atlas des sols du Territoire Fédéral d'Amazonie.
- MARTIN (D.), 1970. — Quelques aspects des zones de passage entre surfaces d'aplanissement du Centre-Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. VIII, n° 2 : 219-239.
- MICHEL (P.), 1973. — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. *Mém. ORSTOM*, n° 63, 752 p.
- MULLER (J.P.), 1977. — Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques à l'amont des modelés convexes (Centre-Cameroun). Aspects morphologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XV, n° 2 : 25-44.
- MULLER (J.P.), 1979. — Carte des sols du Cameroun à I : 3 250 000. In Atlas de la République Unie du Cameroun, éditions Jeune Afrique, Paris : 25-27.
- PEDRO (G.), 1966. — Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération superficielle. C.R. Acad. Sc. Paris, 262 D : 1828-1831.
- PEDRO (G.), DELMAS (A.B.), 1980. — Regards actuels sur les phénomènes d'altération hydrolytique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVIII, n° 3-4 : 217-234.
- POUYLLAU (M.), BLANCANEAUX (P.), 1976. — Inventario geomorfológico del Territorio Fédéral Amazonas y Estado Bolívar. Cuenca del Ventuari y Orinoco medio, Venezuela. IV Congr. Venezolano de la Ciencia del Suelo, Maturín, Venezuela, 8 p.
- POUYLLAU (M.), 1982. — Utilisation d'imageries de radar latéral et de satellite LANDSAT dans les levés pédogéomorphologiques réalisés en Amazonie Vénézuélienne : méthodologie et premiers résultats. Act. Symp. Int. de la Commission VII de Photogrammétrie et Télé-détection, Toulouse 1982, vol. 24-VII/I : 289-300.
- POUYLLAU (M.), 1983. — Contribution à la géomorphologie du Sud du Venezuela (Amazonas et Guyana). Centre d'Etudes de Géographie Tropicale, Univ. de Bordeaux (Talence), 54 p.
- RADAMBRAZIL, 1976. — Levantamento de recursos naturais, vol. 8, folha NA 20 Boa Vista. Projeto Radam, Ministerio das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, Brazil.
- SCHWARTZ (D.), 1985. — Histoire d'un paysage, le Lousséké. Paléoenvironnements Quaternaires et podzolisation sur sables Batéké (République Populaire du Congo). Thèse, Université de Nancy.
- TARDY (Y.), NAHON (D.), 1985. — Geochemistry of laterites, stability of Al-geothite, Al-hematite, and Fe³⁺-Kaolinite in bauxites and ferricretes : an approach to the mechanism of concretion formation. *American Journal of Science*, vol. 235, december, 1985 : 865-903.
- TURENNE (J.F.), 1977. — Modes d'humification et différenciation podzolique. Deux toposéquences Guyanaises. *Mém. ORSTOM*, n° 84, 162 p.
- VIZIER (J.F.), 1974. — Contribution à l'étude des phénomènes d'hydromorphie. Recherche de relations morphogénétiques existant dans un type de séquence de sols hydromorphes peu humifères au Tchad. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XII, n° 2 : 171-206, n° 3-4 : 211-266.
- WOODRUFF (F.), SAVIN (S.M.), DOUGLAS (R.G.), 1981. — Miocène, stable isotope record. A detailed deep Pacific Ocean study and its paleoclimatic implications. *Science*, 212, 4495 : 665-668.

ANNEXE

Calcul de la surface relative maximum d'un ensemble distribué au hasard et n'ayant pas fait l'objet d'un nombre d'observations suffisant.

- **Les variables**

N = nombre total de sites observés

n = nombre minimum de sites à observer pour identifier un paysage

s = surface relative correspondant à un nombre maximum probable d'observation n.

t = variable aléatoire normale réduite.

- **Le problème**

Une surface est inventoriée de façon non aléatoire par N sites, chacun étant un transect complet d'une forme de terrain. En fin de travail on constate néanmoins que N est grand et que le dispositif recouvre la carte à peu près uniformément. On admet alors que cette dernière est une mosaïque aléatoire à deux phases, l'une regroupant tous les paysages identifiés et l'autre le reste dont on se propose de calculer la surface relative maximum probable s pouvant échapper à N observations faites au hasard.

- **Les formules**

Le nombre de sites tombant au hasard dans s est une variable aléatoire normale de moyenne N.s et de variance N.s(I-s) liées par la relation définissant n :

$$n = N.s - t (N.s(I-s))^{0,5}$$

d'où :

$$\frac{(2n + t^2) + t(t^2 + 4n - 4n^2/N)^{0,5}}{2.(N + t^2)} = s$$

- **Le calcul**

$$N = 180 \quad t = 1,96 \text{ (niveau 95 \%)}$$

$$n = 1 \quad s = 0,03$$

$$n = 2 \quad s = 0,04$$